

Aus dem Institut für Pflanzenernährung  
der Justus Liebig-Universität zu Gießen  
Direktor: Professor Dr. phil. Hans Linser

---

# Verteilung von $^{14}\text{C}$ -markiertem Chlorcholin- chlorid (CCC) in Weizen- und Haferpflanzen

## Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades  
bei der Landwirtschaftlichen Fakultät  
der Justus Liebig-Universität  
zu Gießen

vorgelegt von

Wolfgang Bettner  
geb. in Schotten/Oberhessen

Gießen, im Januar 1970







Aus dem Institut für Pflanzenernährung  
der Justus Liebig-Universität zu Gießen  
Direktor: Professor Dr. phil. Hans Linser

---

# Verteilung von $^{14}\text{C}$ -markiertem Chlorcholin- chlorid (CCC) in Weizen- und Haferpflanzen

## Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades  
bei der Landwirtschaftlichen Fakultät  
der Justus Liebig-Universität  
zu Gießen

vorgelegt von

Wolfgang Bettner  
geb. in Schotten/Oberhessen

Gießen, im Januar 1970



Dekan: Prof. Dr. F. Großmann  
1. Berichterstatter: Prof. Dr. H. Linser  
2. Berichterstatter: Prof. Dr. H. Glathe

Tag der Prüfung: 21.2.1970

## GLIEDERUNG

|                                                                                                                                                                                                                                                              | <u>Seite</u> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <u>A. Einleitung</u>                                                                                                                                                                                                                                         | 1            |
| <u>B. Literaturüberblick</u>                                                                                                                                                                                                                                 | 2            |
| B1. Aufnahme von Stoffen durch das Blatt<br>und ihr Transport                                                                                                                                                                                                | 2            |
| B2. Transport von Herbiziden in Blättern und<br>in den Leitgefäßen von Pflanzen                                                                                                                                                                              | 3            |
| <u>C. Vegetationsversuche</u>                                                                                                                                                                                                                                | 7            |
| C1. Versuche mit Winterweizen im Verlauf der<br>Vegetationsperiode 1968                                                                                                                                                                                      | 7            |
| C1a. Versuchsbeschreibung                                                                                                                                                                                                                                    | 7            |
| C1b. Anzucht der Versuchspflanzen und ihre<br>Behandlung mit radioaktiv markiertem CCC                                                                                                                                                                       | 8            |
| C1c. Ernte und Verarbeitung der Versuchspflanzen                                                                                                                                                                                                             | 9            |
| C1d. Bestimmung von $^{14}\text{C}$ in organischen Substanzen                                                                                                                                                                                                | 11           |
| C1e. Ergebnisse des Versuches mit Winterweizen                                                                                                                                                                                                               | 12           |
| C2. Versuch mit Hafer im Verlauf der<br>Vegetationsperiode 1968                                                                                                                                                                                              | 17           |
| C2a. Versuchsbeschreibung                                                                                                                                                                                                                                    | 17           |
| C2b. Ergebnisse des Versuches mit Hafer                                                                                                                                                                                                                      | 19           |
| C3. Untersuchungen über mögliche Veränderungen<br>von CCC in verschiedenen Organen im Verlauf<br>von neun Tagen bei Sommer- und Winterweizen                                                                                                                 | 23           |
| C3a. Allgemeines                                                                                                                                                                                                                                             | 23           |
| C3b. Beschreibung des Versuches mit<br>Sommerweizen 1968                                                                                                                                                                                                     | 24           |
| C3c. Beschreibung des Versuches mit<br>Winterweizen 1968/1969                                                                                                                                                                                                | 24           |
| C3d. Radioaktivität (Imp/Min/Organ) der CCC-,<br>Cholin- und Aminosäurefraktion in ver-<br>schiedenen Organen des Haupthalmes von<br>Winter- und Sommerweizen nach der Appli-<br>kation von $^{14}\text{C}$ -markiertem CCC auf ein Blatt<br>des Haupthalmes | 26           |

|                                                                                                                                                      | <u>Seite</u> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <u>D. Diskussion der Versuchsergebnisse</u>                                                                                                          | 29           |
| D1. Transport von CCC aus einem<br>behandelten Blatt                                                                                                 | 29           |
| D2. Verlagerung von CCC in die unbehandelten<br>Blätter des Haupthalmes von Hafer und Win-<br>terweizen in Abhängigkeit vom physiologischen<br>Alter | 31           |
| D3. Verlagerung von CCC in Internodien und<br>nodien bei Hafer und Winterweizen                                                                      | 33           |
| <u>E. Zusammenfassung</u>                                                                                                                            | 38           |
| <u>Literaturverzeichnis</u>                                                                                                                          | 41           |

Anhang

Tabellen 3 bis 8 und 11 bis 24

(die restlichen sind im Text enthalten)

## A. Einleitung

Die einzelnen Getreidearten und -sorten zeigen eine unterschiedliche Reaktion auf CCC. Linser und Kühn (1963) sowie Bohring (1965) konnten nachweisen, daß bei Weizen und Gerste die Halmlänge im Jugendstadium durch eine CCC-Zufuhr über den Boden verkürzt wurde, während diese bei Hafer nur geringe Verkürzungen hervorrief (auch Schnee 1965). Bei Weizen hielten dieselben bis zum Ende der Vegetation an, während sie sich bei Gerste verloren und vom Ährenschieben an, ähnlich wie beim Hafer, in Verlängerungen umkehrten. Durch eine geeignete Wahl des Spritztermines (Linser, Kühn und Bohring 1964, Linser, Kühn, Kürten und Schuster 1966, Ulman 1967) und durch eine geeignete Wahl des Düngetermines von CCC über den Boden (Schnee 1965) reagierte auch Hafer mit deutlichen Halmverkürzungen, die bis Ende der Entwicklung anhielten. Schnee (1965) stellte eine antagonistische Wirkung zwischen CCC und Stickstoff bei Hafer fest. Dressel (1967) gelang es, aus einer großen Zahl von Roggensorten solche herauszufinden, die deutliche Halmverkürzungen zeigten. Unterschiedlich starke Wirkungen von CCC bei verschiedenen Weizensorten beschrieben Sturm und Jung (1964).

Aus dem Vorhergesagten und den vielfältigen Untersuchungen, die die Wirkung von CCC betreffen, kann man entnehmen, daß Getreideart und -sorte, die geeignete Wahl des Applikationszeitpunktes, die CCC-Aufwandmenge und die Art der Behandlung einen Einfluß auf die CCC-Wirkung haben. Welche Mechanismen im einzelnen wirksam werden, ist noch weitgehend ungeklärt. Sicher scheint jedoch zu sein, daß CCC die Gibberellinsäuresynthese hemmt (Hara-da und Lang 1965, Köhler 1965, Kende, Ninnemann und Lang 1963, Baldev und Lang 1965, Ziegler, Köhler und Streitz 1966, Paleg, Kende, Ninnemann und Lang 1965).

Da die einzelnen Getreidearten unterschiedlich auf CCC ansprechen, wurde vermutet, daß die Ursache dafür in einer unterschiedlichen Verteilung innerhalb der Pflanze zu suchen sein könnte. Zur Klärung dieser Annahme wurde die Verteilung von CCC in Winterweizen- und Haferpflanzen untersucht.

In der folgenden Literaturübersicht wird versucht, einen allgemeinen Überblick über die heutigen Vorstellungen hinsichtlich der Aufnahme organischer Stoffe durch Blätter und ihren Transport in intakten Pflanzen zu geben.

## B. Literaturüberblick

### B1. Aufnahme von Stoffen durch das Blatt und ihr Transport

Die Aufnahme von Stoffen über die Blattoberfläche konnte schon mehrfach nachgewiesen werden (Lambertz 1954, Biddulph 1956, Bukovac und Wittwer 1957, Bancher, Hölzl und Klima 1960, Franke 1961, 1964 und 1967, Jyung und Wittwer 1964, Wittwer und Mitarbeiter 1967, Neumann und Jacob 1968). Die Blattoberfläche (Kutikula) stellt ein Netzwerk von pektinartigen Substanzen dar, in das zahlreiche Wachsplättchen eingelagert sind (Roberts und Mitarbeiter 1948). Sie quillt bei Benetzung, wodurch die Diffusion von Stoffen in den Apoplasten begünstigt wird. Nach Lambertz (1954), Franke (1961, 1964 und 1967), v. Denffer (1962) sowie Neumann und Jacob (1968) haben die Außenwandplasmodesmen (Ektodesmen) besondere Bedeutung bei der Aufnahme von Stoffen über das Blatt. Neumann und Jacob (1968) konnten zeigen, daß sich radioaktiv markierte  $\gamma$ -Aminoisobuttersäure, die auf Blätter von Vicia faba aufgebracht wurde, im Bereich der Stomata anreicherte, wo auch die Ektodesmenanzahl erhöht ist. Andere Autoren wiesen darauf hin, daß die Aufnahme von Stoffen über das Blatt ein viele Schritte umfassender Vorgang sei (Jyung und Wittwer 1964). Jyung und Wittwer (1964) sowie Sargent und Blackman (1962) vermuten, daß die Aufnahme von Stoffen durch das Blatt an den Stoffwechsel gekoppelt ist. Gustavson (1953) konnte bei der  $\text{Co}^{2+}$ -Aufnahme sogar eine Licht- und Stoffwechselabhängigkeit feststellen.

Der Ferntransport aus den Blättern ist für die Assimilate bereits lange bekannt und auch für von außen zugeführte Stoffe oft nachgewiesen (Biddulph und Markle 1944, Chen 1951). Untersuchungen von Biddulph (1941), Collwell (1942), Biddulph und Mitarbeitern (1956), Bialeski (1966) sowie Eschrich (1966) zeigten, daß radioaktiv markierte Stoffe, die auf das Blatt aufgebracht worden waren, im Phloem wanderten. Aus den Befunden von Biddulph (1941), Collwell (1942) sowie Chen (1951) kann man schließen, daß nach einer Blattbehandlung sowohl eine Aufwärtsleitung durch den Stengel in die wachsenden Blätter als auch eine Abwärtsleitung in die Wurzel

erfolgt. Je nach Applikationsblatt kann die eine oder die andere Richtung überwiegen (Collwell 1942). Die Geschwindigkeit des Phloemstromes wurde von Lüttge (1969) mit 0,5-1,0 m/Std angegeben. Ziegler und Vieweg (1961) sowie Ziegler (1963) geben als Mechanismus des Phloemstromes eine Konvektionsströmung an. Auf Grund der Geschwindigkeit des Phloemstromes neigt Ziegler (1956) zu der Auffassung, daß der Eintritt von Stoffen in das Phloem und der Austritt aus demselben stoffwechselabhängig ist. Ziegler (1956) begründet diese Annahme des aktiven Transportes aus dem Blattparenchym in die Siebröhren damit, daß die den Siebröhren anliegenden Geleitzellen cytomorphologisch den Drüsenzellen sehr ähnlich sind. Sie zeichnen sich durch Plasmareichtum, Großkernigkeit und hohe Aktivität der sauren Phosphatase aus (Wanner 1952). Phosphorylierungsreaktionen halten Ziegler (1956) sowie Kursanov und Brovchenko (1961) beim Zuckertransport zwischen dem Parenchym und den Phloembahnen für möglich. Exogen gebotenes ATP fördert den Abtransport der Assimilate (Kursanov 1961, Kursanov und Brovchenko 1961, Ullrich 1962).

## B2. Transport von Herbiziden in Blättern und in den Leitgäßen von Pflanzen.

Die Tatsache, daß die Stoffwanderung der Herbizide in Pflanzen gut untersucht worden ist, gab Veranlassung, die Faktoren aufzuzeigen, die bei ihrem Transport eine Rolle spielen. Im Verlauf der vorliegenden Arbeit wird noch ersichtlich, daß CCC offensichtlich nach ähnlichen Prinzipien verteilt wird wie die Herbizide.

Nach Crafts (1961) unterscheidet man hinsichtlich der Wanderung verschiedene Typen der Herbizide. Als erstes soll der Auxintyp behandelt werden. Charakteristikum dieses Types ist die Beweglichkeit im Symplasten der Pflanze. Danach wandert der betreffende Stoff durch die plasmatischen Verbindungen (Plasmodesmen) von Zelle zu Zelle. Im Phloem angelangt, wird er von dort in andere Organe der Pflanze verlagert. Verteilung und Wanderungsgeschwindigkeit sind bei den einzelnen Verbindungen unterschiedlich. Dieser Vorgang hängt von verschiedenen Faktoren ab.

Eine sehr wichtige Rolle bei der Verteilung scheinen Alter und Stoffwechselzustand eines Blattes zu spielen. In Untersuchungen von Mitchell und Brown (1946), Weaver und Rose (1946) sowie Crafts (1964) zeigte sich, daß Herbizide nach dem gleichen Muster, wie es für die Assimilate bekannt ist, von "source" nach "sink" wandern können. Aus Untersuchungen von Crafts und Yamaguchi (1958) wurde deutlich, daß 2,4-D unpolar transportiert wird. Der Transport aus einem basalen vollentwickelten Blatt erfolgte hauptsächlich in die Wurzel, während der aus einem apikalen vollentwickelten Blatt in der Hauptsache in die Sproßspitze ging. Bei einem dazwischen liegenden Blatt von gleichem Entwicklungszustand erfolgte die Wanderung in beide Richtungen. Leonhard und Weaver (1961) konnten in Versuchen über die Bewegung von 2,4-D und Amitrol zeigen, daß Blätter je nach ihrem Entwicklungsalter Stoffe importieren und exportieren können. Danach scheinen diese, wenn sie ihre halbe Größe erreicht haben, von Import auf Export umzuschalten. Ähnliche Verhältnisse sind von Lawton (1967) an Dioscorea spp. mit radioaktiv markierten Assimilaten nachgewiesen worden. Befunde von Leonhard (zit. in Audus 1967) ergaben eine enge Korrelation zwischen dem Abtransport  $^{14}\text{C}$ -markierter Assimilate, den Herbiziden 2,4-D und 4-amino-3,5,6-trichlorpicolinsäure und dem Entwicklungsalter eines Blattes. Aus Untersuchungen von Crafts (1962) an Tradescantia im Licht zeigt sich, daß 2,4-D, welches auf verschiedene grüne Blätter aufgebracht wurde, einem normalen Transport unterlag, während bei einer Behandlung von chlorotischen Blättern kein Transport erfolgte. Bei Chondrilla juncea L. wird nach verlängerter Dunkelperiode der 2,4-D-Transport aus den behandelten Blättern infolge ihres hohen Zuckergehaltes behindert (Greenham 1962). Diese Befunde deuten auf einen Zusammenhang mit dem Zuckertransport hin. Die Wanderung der Herbizide der Phenoxycarbonsäuregruppe unterscheidet sich von der der 3-Amino-1,2,4-Triazole durch eine stärkere Bindung, die erstere in der Zelle erfahren kann. Eng damit verbunden ist die Schnelligkeit der Bewegung im Symplasten und damit auch die Geschwindigkeit des Durchtritts

durch das Mesophyll in das Phloem der Pflanze, von der letztlich auch die Verteilung in der Pflanze abhängt (Audus 1967).

Andersartig bewegen sich die Stoffe vom Typ der substituierten Harnstoffe und der synthetischen Triazine in Blättern. Diese treten offensichtlich nicht in den Symplasten ein, sondern lediglich in den Apoplasten der Mesophyllzellwände. Von dort aus bewegen sie sich in den Zellwänden der Xylemelemente weiter. Sie dringen jedoch nicht in das Phloem ein. Trägt man diese Verbindungen punktförmig auf, so wandern sie fächerartig auf die Blattränder zu, was darauf hindeutet, daß sie im Transpirationsstrom verlagert werden. Daraus geht hervor, daß diese Verbindungen nach einer Aufnahme über die Wurzel wahrscheinlich schneller in der Pflanze verteilt werden als nach einer Blattaufnahme (zit. in Audus 1967).

Darüber hinaus gibt es Herbizide, die eine Zwischenstellung zwischen den zwei geschilderten Extremen einnehmen. Zu dieser Gruppe gehören die 2,3,6-Trichlorbenzoesäure und die 2,2-Dichlorpropionsäure. Diese Verbindungen sind im Mesophyll frei beweglich und werden im Phloem in die Wachstumszentren von Sproß und Wurzel transportiert. Sie scheinen auch in der Lage zu sein, vom Symplasten in den Apoplasten zu gelangen und mit dem Transpirationsstrom verlagert zu werden (zit. in Audus 1967). Ein ähnliches Verteilungsmuster ist für das Phosphat bekannt (Biddulph 1941, Collwell 1942).

Die Geschwindigkeit, mit der ein Herbizid im Symplasten von der Epidermis bis zum Phloem wandert, gibt Day (1952) mit 0,03 mm/Std an, was einer Diffusion entsprechen würde. Im Gegensatz dazu beträgt die Wanderungsgeschwindigkeit im Phloem 10-100 cm/Std. Diese Angabe entspricht den Werten, die für den Assimilattransport und den Transport des Phosphats im Phloem angegeben werden. Untersuchungen von Little und Blackman (1963) zeigen, daß 2,4-D und 2,4,5-T, welche auf ein Primärblatt von Phaseolus vulgaris aufgebracht wurden, viel mehr Zeit benötigen, um von der Blattoberfläche in die Gefäße zu gelangen als vom Eintritt ins Gefäß bis zum ersten

Internodium. Diese Befunde entsprechen denen von Day (1952).

Der Transport von Herbiziden kann ähnlich wie der Zuckertransport durch Ringelung und Temperatur gehemmt werden (Hay und Thimann 1956). Nach Michniewicz und Kurowska (1959) sowie Mitchell und Mitarbeitern (1953) wird der Transport von Wachstumsregulatoren in Blättern ähnlich wie der von Zucker durch Bor verändert. In gewissen Konzentrationen ist 2,4-D in der Lage, seinen eigenen Transport zu hemmen, weil es Zellvermehrungen im Phloem induziert und dadurch dieses zerstört (Eames 1950).

Dem vorausgegangenen Literaturüberblick kann man entnehmen, daß sowohl die Wanderung der Assimilate als auch die der Herbizide verschiedenen Faktoren unterliegt. Beiden Stoffgruppen ist gemeinsam, daß ihre Verteilung in der Pflanze sowie die Richtung des Transportes von dem Reifegrad der Blätter abhängt. Da zu Beginn der vorliegenden Arbeit keine Ergebnisse über die Verteilung von CCC, über die Richtung seines Transportes und über den Einfluß des Reifegrades der Blätter auf seinen Transport vorlagen, wurden die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen mit Weizen- und Haferpflanzen durchgeführt.

## C. Vegetationsversuche

### G1. Versuche mit Winterweizen im Verlauf der Vegetationsperiode 1968

#### G1a. Versuchsbeschreibung

Die Versuchsanstellung wurde insbesondere auf drei Fragen ausgerichtet:

1. Die Verteilung von blattappliziertem CCC in der Pflanze,
2. dessen Transportrichtung in der Pflanze,
3. der Einfluß des Entwicklungsstadiums des Applikationsblattes auf Verteilung und Transport.

Um alle Versuchsfragen sinnvoll klären zu können, wurden zwei etwa in der Mitte des Haupthalmes inserierte Blätter zur Applikation des Wirkstoffes ausgewählt. Es handelte sich dabei um ein vollkommen grünes, noch stoffwechselaktives Blatt  $B_2$  und ein älteres Blatt  $B_3$ , das schon Absterbeerscheinungen zeigte. Die Behandlung mit radioaktiv markiertem CCC erfolgte im Stadium 9 der Skala nach Feekes. Dieser Termin erschien deshalb vorteilhaft, da dann der Haupthalm schon weitgehend in Halm und Blätter gegliedert ist und dadurch die Pflanzenorgane starke Unterschiede im Entwicklungszustand aufweisen.

Der Versuch umfaßte 14 Mitscherlichgefäße. Er war in zwei Varianten aufgeteilt. Wie schon erwähnt, wurde ein stoffwechselaktives Blatt  $B_2$  und ein schon alterndes Blatt  $B_3$  behandelt. Im Verlauf der Vegetationsperiode wurden bei jeder Variante sieben Ernten genommen. Applikationszeitpunkt und Erntetermine waren bei beiden Varianten gleich. Ein Gefäß wurde bis zum Ende des Versuches als Kontrolle mitgeführt. Als Versuchspflanze diente Winterweizen der Sorte "Jubilär".

Am 28.10.1967 wurden 16 Mitscherlichgefäße angesetzt. Der Versuchsboden bestand aus einer Mischung von 2,6 kg sandigem Lehm Boden "Oberer Hardthof" und 3,5 kg Sandboden "Darmstadt" (neutral), dem beim Ansetzen 12 g eines feingemahlten NPK-Düngers (6/12/18) hinzugemischt wurden. Die Aussaat erfolgte am 2.11.1967. Am 5.4.1968 wurde auf 15

Tabelle 1

Versuchsplan und Wachstumsbeobachtungen

| Ernte | Tage nach<br>Behandlung | Wachstums-<br>tage | Ernte-<br>termin | Wachstumsbeobach-<br>tungen                                  |
|-------|-------------------------|--------------------|------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1     | 1                       | 208                | <u>28.5.68</u>   |                                                              |
| 2     | 4                       | 211                | <u>31.5.68</u>   |                                                              |
|       |                         | 214                | 3.6.68           | Ähre sichtbar<br>(*Stad.10)                                  |
| 3     | 11                      | 218                | <u>7.6.68</u>    | *Stad. 10,5 nicht<br>bei allen Gefäßen<br>erreicht           |
| 4     | 15                      | 222                | <u>11.6.68</u>   | *Stad. 10,5,1 Be-<br>ginn der Blüte                          |
| 5     | 19                      | 226                | <u>15.6.68</u>   | in der Blüte                                                 |
|       |                         | 231                | 20.6.68          | teilweise noch<br>Blüte                                      |
| 6     | 31                      | 238                | <u>27.6.68</u>   | Blätter reifen ab,<br>auch B <sub>1</sub> und B <sub>2</sub> |
|       |                         | 245                | 4.7.68           | Ähre reift ab                                                |
| 7     | 64                      | 271                | <u>30.7.68</u>   | Vollreife                                                    |

\* Die Stadien sind der Skala nach Feekes entnommen.

Pflanzen, am 25.5.1968 auf sechs Pflanzen vereinzelt. Am 27.5.1968 erfolgte die Behandlung mit CCC.

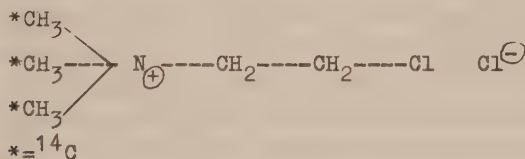
Die anschließend geschilderten Methoden von Anzucht, Behandlung, Ernte und Verarbeitung der Pflanzen waren bei allen im Verlauf der Arbeit geschilderten Versuchen gleich.

G1b. Anzucht der Versuchspflanzen und ihre Behandlung mit  
radioaktiv markiertem CCC

Die Versuchspflanzen wurden in kleinen Mitscherlich-gefäßen angezogen. Vor ihrer Behandlung mit CCC wurden die überzähligen Pflanzen über dem Boden abgeschnitten, so daß nur noch sechs Pflanzen pro Gefäß verblieben. Auf diese Weise wurde verhindert, daß die Versuchspflanzen zu eng standen und CCC von den behandelten Blättern auf die unbehandelten Teile der Pflanze gelangte. Die zu behandelnden Blätter des Haupthalmes einer Pflanze wurden mit Bast markiert, um Behandlung und Ernte zu erleichtern.

Die Tatsache, daß die Kutikula bei den Gramineen ein Netzwerk aus pektinartigen Substanzen darstellt, in das zahlreiche Wachsplättchen eingelagert sind, gab Veranlassung, eine Vorbehandlung des Applikationsblattes mit einem Netzmittel "Citowett" (Wirkstoff: Alkylaryl-polyglykol,  $C_{26}H_{46}O_7$ , Mol.gew. im Mittel 470 LD<sub>50</sub> p.o Ratte 3180 mg/kg Körpergewicht), 1:2000 verdünnt, vorzunehmen. Diese Vorbehandlung erschien notwendig, da die Wirkstofflösung leicht von den schräggestellten Gramineenblättern abtropfte und es schwierig war, annähernd konstante Wirkstoffmengen auf ein Blatt aufzubringen. Durch diese Vorbehandlung wurde die Applikation nahezu konstanter Wirkstoffmengen ermöglicht.

Mit Hilfe einer 20  $\mu$ l Blutzuckerpipette wurden 20  $\mu$ l einer 0,5% CCC-Lösung (5  $\mu$ g/1  $\mu$ l) auf die zu behandelnden Blätter der sechs Pflanzen eines Gefäßes aufgebracht. Nachdem die Lösung eingetrocknet war, wurde dieser Vorgang noch dreimal wiederholt, so daß insgesamt 80  $\mu$ l Wirkstofflösung zur Anwendung kamen. Die verwendete Wirkstofflösung enthielt radioaktiv markiertes CCC, bei dem die drei Methylgruppen  $^{14}C$ -markiert waren.



Bei einer spezifischen Aktivität von 161,8 Ci/g CCC entsprachen 100000 Imp/Min ziemlich genau 400  $\mu$ g CCC.

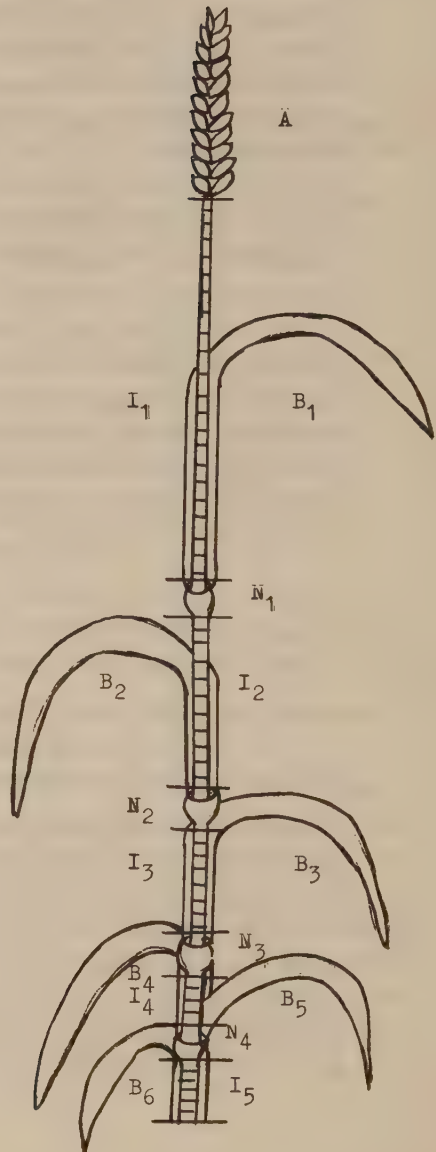
#### C1c. Ernte und Verarbeitung der Versuchspflanzen

Die Ernte der Versuchspflanzen erfolgte nach dem auf Seite zehn aufgezeichneten Schema einer Getreidepflanze. Bei jedem Erntetermin wurde ein Mitscherlichgefäß mit sechs Pflanzen geerntet. Je drei Pflanzen bildeten eine biologische Parallele. Die auf diese Weise erhaltene Frischsubstanz wurde im Umlufttrockenschrank bei 80° C getrocknet. Nach der Abkühlung der Proben im Exsikkator wurde

In Tabellen und im Text verwendete Abkürzungen

A = Ähre oder Rispe  
 AA= Körner bei Weizen und  
       Körner und Vorspelzen bei  
       Hafer  
 R = Rispe  
 AR= Ährenspindel und Spelzen bei  
       Weizen bzw. Rispenäste und  
       Hüllspelzen bei Hafer  
 AS=ÄK und AR  
 B = Blätter  
 BS= Summe aller Blätter  
 BS<sub>unb.</sub> = Summe aller unbehandel-  
           ten Blätter  
 I = Internodien  
 IS= Summe der Internodien  
 N = Nodien  
 NS= Summe aller Nodien  
 HH= Haupthalm  
 NT= Nebentriebe  
 Sproß = HH und NT  
 GA= Gesamtaktivität  
 VR= Variante

Schema einer Getreidepflanze



das Gewicht an Trockenmasse bestimmt und das Material in einer Kaffeemühle zerkleinert. Von diesem Material wurden 100 bis 120 mg in Papierstückchen eingewickelt und die Probe nach Schöninger verascht. Die Knoten wurden nicht zerkleinert. Vom Material einer jeden biologischen Parallele wurden zwei analytische Parallelveraschungen vorgenommen. Von jeder analytischen Parallele wurden wiederum zwei Aktivitätsmessungen durchgeführt.

#### C1d. Bestimmung von $^{14}\text{C}$ in organischen Substanzen

50 bis 100 mg organische Substanz werden in ein Zellulosepapierchen eingewickelt und in einem mit Sauerstoff gefüllten Glaskolben verbrannt. Das Bruttogewicht der Probe soll 200 mg nicht überschreiten. Die Zündung erfolgt durch eine Platinspirale, die durch elektrischen Strom zum Glühen gebracht wird. Zuvor wird die Probe in ein Körbchen gelegt, das an dem unteren Ende der Platinspirale befestigt ist. Das bei der Verbrennung entstehende  $\text{CO}_2$  wird in einem Gemisch von Äthanolamin und Methanol absorbiert. Da diese Absorptionsflüssigkeit brennbar ist, wird sie in einer Kältefalle bei  $-60^\circ$  bis  $-70^\circ$  C kondensiert bzw. abgekühlt. Nach der Verbrennung wird der Glaskolben aus der Kühlflüssigkeit entfernt und die  $\text{CO}_2$ -Absorption eingeleitet. Um die  $\text{CO}_2$ -Absorption zu beschleunigen, läßt man nach der Verbrennung den Kolben etwa 20 Minuten rotieren. Von der Absorptionsflüssigkeit wird ein aliquoter Teil (5 ml) entnommen und einem Toluol-Szintillator zugegeben. Die Messung der  $^{14}\text{C}$ -Aktivität dieses Gemisches erfolgt mit einem Liquid Scintillation Counter der Firma Packard bei einer Diskriminatoreinstellung 50 bis 1 000 und einem Gain von 25%.

Zur Durchführung der Bestimmung sind folgende Reagentien notwendig:

##### 1. Absorptionsflüssigkeit für $\text{CO}_2$ :

120 ml Äthanolamin werden mit Methanol auf ein Liter aufgefüllt.

## 2. Szintillationsflüssigkeit

0,5 g POPOP (1,4-bis-2-(4-Methyl-5-Phenyloxazolyl)-Benzol) und 5,0 g (2,5-Diphenyloxazol) werden in Toluol gelöst. Die verwendeten Reagentien werden in der aufgeführten Reihenfolge in 500 bis 800 ml Toluol in einem ein Liter Meßkolben gelöst. Anschließend wird Toluol bis zur Marke aufgefüllt.

## 3. Kühlflüssigkeit

In einer Dewar-Flasche befindlicher Äthylalkohol wird mit Hilfe von Trockeneis bis auf  $-60^{\circ}\text{C}$  bis  $-70^{\circ}\text{C}$  gekühlt. Damit der Äthylalkohol nicht überschäumt, wird das Trockeneis in kleinen Stückchen zugegeben.

## C1e. Ergebnisse des Versuches mit Winterweizen

Im Verlauf der Entwicklung des Winterweizens konnte beobachtet werden, daß CCC, das auf ein Blatt eines Haupthalmes aufgebracht worden war, deutliche Verkürzungen des Haupthalmes hervorrief. Diese traten unabhängig davon auf, ob ein stoffwechselaktives Blatt  $B_2$  oder ein alterndes Blatt  $B_3$  behandelt wurde. Messungen der Internodienlänge zum Zeitpunkt der Vollreife ergaben, daß das Internodium  $I_1$  der Variante  $B_3$  um 12,9% und das der Variante  $B_2$  um 13,6% verkürzt war. Die Verkürzung des Internodiums  $I_2$  betrug bei der Variante  $B_3$  7,2% und bei Variante  $B_2$  3,6%. Aus dem Blatt  $B_2$  wurde mehr Radioaktivität (Imp/Min/Organ) in die unbehandelten Teile der Pflanze verlagert als aus dem Blatt  $B_3$ . Setzt man die insgesamt in einer Pflanze gefundene Radioaktivität (Summe aller Organe) gleich 100, dann kann man feststellen, daß aus dem Blatt  $B_2$  beispielsweise in der fünften Ernte 36,9% und aus dem Blatt  $B_3$  22,4% in die unbehandelten Teile transportiert wurden. Die im gesamten Sproß gefundene Radioaktivität (Imp/Min/Organ) bleibt im Verlauf der Vegetationsperiode, von einigen Ausnahmen abgesehen, konstant (Tabellen 3 und 4), während der Ertrag an Trockenmasse ansteigt (Tabellen 5 und 6). Daraus geht hervor, daß die Radioaktivität je Gewichtseinheit im Verlauf der Vegetation abnimmt.

Tabelle 2

Halm- und Internodienlänge des Haupthalmes von Winterweizen-  
pflanzen in der Vollreife (cm und %)

| Organ          | ohne CCC |      | mit CCC (B <sub>2</sub> ) |      | mit CCC (B <sub>3</sub> ) |      |
|----------------|----------|------|---------------------------|------|---------------------------|------|
|                | in cm    | in % | in cm                     | in % | in cm                     | in % |
| I <sub>1</sub> | 47,2     | 46,1 | 33,3                      | 32,5 | 34,0                      | 33,2 |
| I <sub>2</sub> | 18,2     | 17,8 | 14,5                      | 14,2 | 10,9                      | 10,6 |
| I <sub>3</sub> | 13,7     | 13,4 | 15,5                      | 15,1 | 15,5                      | 15,1 |
| I <sub>4</sub> | 11,0     | 10,7 | 11,8                      | 11,5 | 10,9                      | 10,6 |
| I <sub>5</sub> | 3,6      | 3,5  | 3,3                       | 3,2  | 4,6                       | 4,5  |
| IS             | 93,7     | 91,5 | 78,4                      | 76,5 | 75,9                      | 74,0 |
| A              | 8,7      | 8,5  | 9,1                       | 8,9  | 9,2                       | 9,0  |
| Halm           | 102,4    | 100  | 87,5                      | 85,4 | 85,1                      | 83,0 |

Wie aus den Tabellen 3 und 4 hervorgeht, enthält der Haupthalm nahezu die gesamte Menge an Radioaktivität. In den Nebentrieben konnte bei beiden Varianten erst von der fünften Ernte an eine meßbare Radioaktivität festgestellt werden. Mit fortschreitenden Ernten nahm dieser Anteil zu. Die Zunahme war bei VRB<sub>3</sub> höher als bei VRB<sub>2</sub>. Aus diesen Befunden kann man schließen, daß Radioaktivität auch in der Wurzel vorgelegen haben muß.

Der größte Anteil der im Haupthalm gefundenen Radioaktivität (Imp/Min/Organ) wurde bei beiden Varianten im behandelten Blatt ermittelt (Tabellen 3 und 4). Von den unbehandelten Blättern enthielten nur die jüngeren Blätter B<sub>1</sub> bzw. B<sub>1</sub> und B<sub>2</sub> meßbare Radioaktivität, während in den älteren nur Spuren vorhanden waren (Tabellen 3 und 4). Die absolute (Imp/Min/Organ) und die relative Radioaktivität (Imp/Min/100 mg TS) steigt in den Blättern B<sub>1</sub> und B<sub>2</sub> zunächst im Verlauf der Vegetation an und fällt dann ab (Tabellen 3 und 4). Die Zuwachsraten an Radioaktivität je Organ lassen erkennen, daß die Blätter B<sub>1</sub> bzw. B<sub>1</sub> und B<sub>2</sub> beider Varianten bis zur zweiten Ernte Radioaktivität einlagern und anschließend einen Teil bis zum Ende

der Vegetation wieder abgeben. Sowohl die Zuwachsraten an Trockenmasse der Blätter  $B_1$  und  $B_2$  als auch die Radioaktivität (Imp/Min/Organ) zeigen in der zweiten Ernte ein Maximum. Im Gegensatz zu den Blättern  $B_1$  gibt in Variante  $B_3$  das Blatt  $B_2$  fast seine gesamte aufgenommene Radioaktivität (Imp/Min/Organ) ab (Tabellen 3 und 4).

Die absolute Radioaktivität (Imp/Min/Organ) und die Trockenmasse je Ähre steigen im Verlauf der Vegetationsperiode an (Tabellen 3 bis 6), während die relative Radioaktivität (Imp/Min/100 mg TS) bei beiden Varianten abfällt (Tabellen 7 und 8). Die Zuwachsraten an Trockenmasse und an Radioaktivität (Imp/Min/Organ) zeigen bei beiden Varianten zwei Maxima, die in der dritten und siebten Ernte liegen. Das erste Maximum fällt mit dem Beginn des Ährenschiebens zusammen, während das zweite nach der Blüte in die Kornausbildung fällt. Die getrennte Untersuchung von Korn und Rest (Spelzen und Ährenspindel) ergab, daß die Radioaktivität (Imp/Min/Organ) und (Imp/Min/100 mg TS) im Korn geringer ist als im Rest (Tabellen 3, 4, 7 und 8). In der Vollreife beträgt die CCC-Konzentration bei  $VRB_3$  im Korn 2 ppm und im Rest der Ähre 7,5 ppm, wenn man annimmt, daß die gefundene Aktivität gleich CCC gesetzt werden kann, d.h., daß das CCC-Molekül im Verlauf der Vegetationsperiode nicht verändert wird. Bei  $VRB_2$  sind im Korn 2,7 ppm und im Rest der Ähre 12,8 ppm CCC enthalten.

Die absolute und die relative Radioaktivität (Imp/Min/Organ und Imp/Min/100 mg TS) nimmt bei den Nodien  $N_1$  und  $N_2$  beider Varianten bis zu einem deutlichen Maximum zu und dann wieder ab, während die Radioaktivität bei den Nodien  $N_3$  und  $N_4$  schnell abnimmt und dann konstant bleibt. Die relative Radioaktivität (Imp/Min/100 mg TS) ist in keinem Organ so hoch wie in den Nodien (Tabellen 7 und 8). In  $VRB_2$  übersteigt sie in manchen Ernten sogar die

des behandelten Blattes. Vergleich man die jeweils jüngsten Organe von  $VRB_2$  mit dem Nodium  $N_1$  (Tabelle 8), so ist dessen Radioaktivität (Imp/Min/100 mg TS) in der dritten Ernte 38 mal so hoch wie in der Ähre, 13 mal so hoch wie im Blatt  $B_1$  und 12 mal so hoch wie im Internodium  $I_1$ . In  $VRB_3$  beträgt sie in der Ähre  $1/64$ , im Blatt  $B_1$   $1/32$  und im Internodium  $I_1$ , genau wie bei  $VRB_2$ ,  $1/12$  derjenigen des Nodiums  $N_1$ . Die absolute Radioaktivität (Imp/Min/Organ) der Nodien  $N_1$  ist bei beiden Varianten bis zur vierten Ernte höher als in den Internodien  $I_1$  (Tabellen 3 und 4). Deren Radioaktivität übersteigt die der Nodien erst dann, wenn diese einen Teil ihrer Radioaktivität abgeben. Der Zunahme an Trockenmasse und an absoluter Radioaktivität (Imp/Min/Organ) (Tabellen 3 und 4) geht eine Abnahme der relativen Radioaktivität (Imp/Min/100 mg TS) (Tabellen 7 und 8) bei dem Internodium  $I_2$  beider Varianten parallel. Bei den Internodien  $I_3$  der  $VRB_2$  und  $I_4$  der  $VRB_3$ , die direkt mit dem behandelten Blatt in Verbindung standen, nimmt die Trockenmasse im Verlauf der Vegetationsperiode zu, während die relative Radioaktivität (Imp/Min/100 mg TS) (Tabellen 7 und 8) abnimmt. Die absolute Radioaktivität (Imp/Min/Organ) nimmt zunächst ab und steigt dann wieder an.

Wie die Tabellen 3 und 4 zeigen, steigt die Radioaktivität (Imp/Min/Organ) im Internodium  $I_1$  bei beiden Varianten im Verlauf der Entwicklung an, während das Gewicht an Trockenmasse in diesem Zeitpunkt ansteigt und am Ende abfällt (Tabellen 5 und 6). Das weist darauf hin, daß das Internodium  $I_1$  bis zum Ende der Entwicklung Radioaktivität einlagert. Aus den Tabellen 3 und 4 wird ersichtlich, daß ein Konzentrationsgradient in akropetaler Richtung entsteht, wenn man von einigen Ausnahmen absieht.

Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Unabhängig davon, ob CCC auf das stoffwechselaktive Blatt  $B_2$  oder auf das alternde Blatt  $B_3$  aufgebracht wurde, tra-

ten bei den Haupthalmen der behandelten Pflanzen deutliche Verkürzungen auf. Messungen der Internodienlänge in der Vollreife ergaben, daß bei beiden Varianten die Internodien  $I_1$  und  $I_2$  verkürzt wurden. Bei den Blattspreiten, den Blattscheiden und der Ähre waren keine Veränderungen festzustellen.

Nahezu die gesamte Radioaktivität war im Haupthalm lokalisiert, während in den Nebentrieben nur geringe Radioaktivität feststellbar war, die erst von der fünften Ernte sicher gemessen werden konnte. Im Haupthalm wurde der größte Anteil der Radioaktivität im behandelten Blatt gefunden. Aus dem behandelten Blatt  $B_2$  wurde doppelt so viel Radioaktivität (Imp/Min/Organ) in die unbehandelten Teile der Pflanze transportiert wie aus dem behandelten Blatt  $B_3$ . Von den unbehandelten Blättern enthielten die jüngsten ( $B_1$  und  $B_2$ ) Radioaktivität, während in den älteren  $B_3$ ,  $B_4$  und  $B_5$  nur Spuren nachweisbar waren.

Im Verlauf der Vegetationsperiode traten in der Ähre zwei Maxima der Zuwachsraten an Radioaktivität (Imp/Min/Organ) und der Trockenmasse auf. Der Anteil an Radioaktivität (Imp/Min/Organ) war in der Ährenspindel und im Rest größer als im Korn. Die Nodien zeigten die höchste relative Radioaktivität (Imp/Min/100 mg TS) von allen Organen im Verlaufe der Entwicklung. Sie war bei dem Nodium  $N_1$  der Variante  $B_2$  noch höher als im behandelten Blatt. Die Internodien enthielten die höchsten Mengen an absoluter Radioaktivität (Imp/Min/Organ); sie nahm beim Internodium  $I_1$  bis zum Ende der Vegetation zu. Entlang der Internodien in akropetaler Richtung war ein Konzentrationsgradient festzustellen. Die Richtung des CCC-Stromes ist sowohl akropetal als auch basipetal. Vorwiegend wird das CCC jedoch in die apikalen meristematischen Wachstumszentren der Pflanze transportiert.

## G2. Versuch mit Hafer im Verlauf der Vegetationsperiode 1968

### G2a. Versuchsbeschreibung

Hier sollte, ähnlich wie bei Weizen, die Transportrichtung und die Verteilung von auf das Blatt appliziertem CCC in der Pflanze geprüft werden. Im Gegensatz zu Winterweizen wurde nur das Blatt  $B_4$  behandelt, die Anzahl der Ernten jedoch im Verlauf der Vegetationsperiode von 7 auf 16 erhöht. Das mehr basale Blatt  $B_4$  wurde deshalb ausgewählt, um die CCC-Verlagerung in die übrigen Blätter und die Wanderung aus diesen heraus besser als bei Weizen prüfen zu können. Da die Behandlung in einem früheren Stadium der Entwicklung als bei Weizen stattfand, war dieses Blatt noch stoffwechselaktiv und zeigte keine Alterungserscheinungen. Die Behandlung erfolgte, als die Pflanzen das Stadium 7 bis 8 der Feekes-Skala erreicht hatten. Dieser Termin erschien deshalb vorteilhaft, weil dann die Internodien noch nicht voll ausgebildet sind und man so, im Gegensatz zum Winterweizen, bei entsprechendem CCC-Wirkungsgrad eine Verkürzung der Internodien  $I_3$ ,  $I_4$  und  $I_5$  erwarten konnte.

Der Versuch umfaßte 18 kleine Mitscherlichgefäße, von denen zwei als Kontrollen mitgeführt wurden. Im Verlauf der Entwicklung von Hafer wurden 16 Ernten vorgenommen (Tabelle 9).

Als Versuchspflanze diente Hafer der Sorte "Flämingsskrone". Am 6.4.1968 wurden 18 kleine Mitscherlichgefäße angesetzt, und dem Versuchsboden ("Klein-Linden") wurde 12 g eines NPK-Düngers (6/12/18) beigemischt. Bei Hafer wurde im Gegensatz zu Winterweizen 0,72 g N gedüngt. Am 9.4.1968 wurden 24 Körner ausgesät, die jedoch ungleichmäßig aufliefen. Deshalb wurden am 17.4.1968 12 Körner nachgesät. Eine Vereinzelung der Pflanzen auf 16 pro Gefäß erfolgte am 2.5.1968, auf 6 Pflanzen am 28.5.1968.

CCC-Aufwandmenge, Behandlung, Ernte und Verarbeitung erfolgten entsprechend dem Winterweizenversuch. Im

Tabelle 9  
Versuchsplan und Wachstumsbeobachtungen bei Hafer

| Ernte | Tage nach der Behandlung | Wachstumstage | Erntetermine | Wachstumsbeobachtungen                                                                                                                                                              |
|-------|--------------------------|---------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                          | 52            | 30.5.68      | CCC-Behandlung des Blattes B <sub>4</sub> im Stadium 7-8 der Feekes-Skala.                                                                                                          |
| 1     | 1                        | 53            | 31.5.68      |                                                                                                                                                                                     |
| 2     | 4                        | 56            | 3.6.68       |                                                                                                                                                                                     |
|       |                          |               | 5.6.68       | 0,3 g N als NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> -Lösung pro Gefäß gedüngt.                                                                                                              |
|       |                          |               | 6.6.68       | An den jungen Blättern der Nebentriebe treten weiße Blattspitzen auf. Wassermenge erhöht.                                                                                           |
| 3     | 8                        | 60            | 7.6.68       | Spurenelement- und Eisenchelatlösung gedüngt.                                                                                                                                       |
|       |                          |               | 10.6.68      | Weißspitzigkeit scheint sich nicht auszubreiten.                                                                                                                                    |
| 4     | 12                       | 64            | 11.6.68      | 0,3 g N als NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> -Lösung pro Gefäß gedüngt. Rispenschieben beginnt.                                                                                      |
|       |                          |               | 14.6.68      | Noch keine Rispe geschoben.                                                                                                                                                         |
| 5     | 16                       | 68            | 15.6.68      | Rispen teils geschoben; Mehlausbefall an älteren Blättern; I <sub>1</sub> , I <sub>2</sub> und I <sub>3</sub> möglicherweise verkürzt; Rispe beginnt von oben nach unten zu blühen. |
| 6     | 19                       | 71            | 18.6.68      | Rispen fast alle geschoben, Blüte weiter in Richtung des Halmes fortgeschritten.                                                                                                    |
|       |                          |               | 20.6.68      |                                                                                                                                                                                     |
| 7     | 22                       | 74            | 21.6.68      | Verkürzungen deutlicher.                                                                                                                                                            |
| 8     | 25                       | 77            | 24.6.68      |                                                                                                                                                                                     |
| 9     | 28                       | 80            | 27.6.68      |                                                                                                                                                                                     |
| 10    | 32                       | 84            | 1.7.68       | Blattausbefall.                                                                                                                                                                     |
|       |                          |               | 2.7.68       | Blattausbefall zurückgegangen.                                                                                                                                                      |
| 11    | 36                       | 88            | 5.7.68       | Rispen beginnen von oben her abzureifen, besonders bei den Kontrollen. Milchreife.                                                                                                  |
| 12    | 40                       | 92            | 9.7.68       | Bei den behandelten Gefäßen sind manche Nebentriebe höher als die Haupthalme, jedoch kürzer als die der Kontrollen. Reife schreitet weiter fort.                                    |
| 13    | 43                       | 95            | 12.7.68      |                                                                                                                                                                                     |
| 14    | 48                       | 100           | 17.7.68      | Anfang der Teigreife.                                                                                                                                                               |
| 15    | 54                       | 106           | 23.7.68      |                                                                                                                                                                                     |
| 16    | 61                       | 111           | 30.7.68      | In der Vollreife (Ernte).                                                                                                                                                           |

Gegensatz zu dem Versuch mit Winterweizen wurden die Haferwurzeln nach den einzelnen Ernten ausgewaschen, getrocknet, gemahlen und auf Radioaktivität untersucht. Es sei darauf hingewiesen, daß die angegebenen Werte an Radioaktivität für die Wurzeln auf Grund der Auswaschungs- und Substanzverluste nur als Anhaltspunkte dienen können.

#### C2b. Ergebnisse des Versuches mit Hafer

Die Applikation von  $^{14}\text{C}$ -markiertem CCC auf das Blatt  $B_4$  des Haupthalmes verkürzte die Halme des Hafers deutlich. Messungen der Halmlänge des Haupthalmes zum Zeitpunkt der Vollreife ergaben eine Verkürzung um 13,0%. Das Internodium  $I_1$  hatte hieran mit 9,9% den größten Anteil. Sowohl die Rispe als auch die Internodien  $I_2$ ,  $I_3$  und  $I_4$  zeigten eine Tendenz zur Verkürzung (Tabelle 10). An den Blattspreiten sowie den Blattscheiden konnten keine Veränderungen in der Länge festgestellt werden.

Im gesamten Verlauf der Untersuchungsperiode enthielt das behandelte Blatt des Haupthalmes den größten Anteil der in der gesamten Pflanze gefundenen Radioaktivität (Imp/Min/Organ) (Tabelle 11). Der größte Anteil der Radioaktivität (Imp/Min/Organ) in den unbehandelten Teilen der Pflanze lag stets im Haupthalm vor; er war in der Vollreife etwa doppelt so hoch wie die Summe der Radioaktivität (Imp/Min/Organ) aus Wurzeln und Nebentrieben (Tabellen 11 und 12).

In der 6. Ernte fiel die absolute Radioaktivität (Imp/Min/Organ) und ebenso die relative (Imp/Min/100 mg TS) bei allen Organen stark ab. Sie stieg im Verlauf der Vegetation teilweise wieder an. Wahrscheinlich wurde bei den Pflanzen der 6. Ernte aus ungeklärten Gründen weniger CCC aus dem behandelten Blatt transportiert. Diese Vermutung liegt nahe, da die Summe der Radioaktivität in den unbehandelten Teilen der Haferpflanze in der 5. und 7. Ernte etwa doppelt so hoch ist wie in der 6. Ernte (Tabelle 11). Die Radioaktivität (Imp/Min/Organ) des behan-

Tabelle 10

Halm- und Internodienlängen des Haupthalmes von Hafer in  
der Vollreife (cm und %)

| Organ          | ohne CCC |       | mit CCC |      |
|----------------|----------|-------|---------|------|
|                | in cm    | in %  | in cm   | in % |
| I <sub>1</sub> | 36,7     | 40,1  | 28,6    | 31,2 |
| I <sub>2</sub> | 16,0     | 17,5  | 15,4    | 16,8 |
| I <sub>3</sub> | 9,1      | 9,9   | 7,8     | 8,5  |
| I <sub>4</sub> | 5,0      | 5,5   | 4,0     | 4,4  |
| I <sub>5</sub> | 5,7      | 6,2   | 6,3     | 6,9  |
| IS             | 72,5     | 79,2  | 62,1    | 67,8 |
| Rispe          | 19,1     | 20,9  | 17,6    | 19,2 |
| Halm           | 91,6     | 100,1 | 79,7    | 87,0 |

delten Blattes ist in der 6. Ernte entsprechend höher als in der 5. und 7. Ernte. Der Verlauf der Trockenmasseerträge und der Radioaktivität (Imp/Min/Organ) in den Nebentrieben zeigt, daß beide Größen einer Wachstumskurve folgen. An Hand der Zuwachsraten an Trockenmasse kann man erkennen, daß diese je ein Maximum in der dritten, neunten und zwölften Ernte aufweisen. Im Gegensatz dazu haben die Zuwachsraten an Radioaktivität je ein Maximum in der vierten und zehnten Ernte.

Die Trockenmasseerträge des Haupthalmes nehmen im Verlauf der Vegetation entsprechend einer Wachstumskurve zu (Tabelle 13), während sich die Radioaktivität (Imp/min/Organ) nur geringfügig verändert (Tabelle 12). Aus diesen Befunden kann man den Schluß ziehen, daß die Radioaktivität, abgesehen vom Abtransport in die Wurzel und in die Nebentriebe, verdünnt wird. Ähnlich liegen auch die Verhältnisse für die Trockenmasseerträge sowie die Radioaktivität (Imp/Min/Organ) im Sproß im Verlauf der Entwicklung.

Von den unbehandelten Blättern des Haupthalmes enthalten die jüngeren Blätter  $B_1$ ,  $B_2$  und  $B_3$  meßbare Radioaktivität (Imp/Min/Organ), während in den älteren  $B_5$  und  $B_6$  nur Spuren nachgewiesen werden können (Tabelle 16). Die Zuwachsraten an Trockenmasse und Radioaktivität (Imp/Min/Organ) zeigen bei den älteren Blättern  $B_5$  und  $B_6$ , im Gegensatz zu den jüngeren  $B_1$ ,  $B_2$  sowie  $B_3$ , keine Veränderung. Die Radioaktivität (Imp/Min/Organ) (Tabelle 16) in den Blättern  $B_1$ ,  $B_2$  sowie  $B_3$  nimmt im Verlauf der Entwicklung zunächst zu und bleibt nach der Abnahme konstant. Je jünger ein Blatt ist, desto später erfolgt die Abnahme an Radioaktivität (Imp/Min/Organ) bis zur Konstanz und desto höher ist die noch verbleibende Menge an Radioaktivität. Die Radioaktivität (Imp/Min/100 mg TS) in den Blättern  $B_1$ ,  $B_2$  und  $B_3$  nimmt im Verlauf der Vegetationsperiode ab und bleibt dann konstant (Tabelle 17).

Die Trockenmasseerträge der einzelnen Nodien zeigen keine großen Veränderungen (Tabelle 18). Die absolute und die relative Aktivität (Imp/Min/100 mg TS) fällt im Verlauf der Vegetation ab und bleibt dann konstant niedrig (Tabellen 19 und 20). Die Nodien sind die einzigen Organe, die zum Zeitpunkt der Vollreife nur noch Spuren an Radioaktivität enthalten.

Die Trockenmasseerträge der Internodien steigen im Verlauf der Vegetationsperiode entsprechend einer Wachstumskurve an (Tabelle 21). Die Radioaktivität (Imp/Min/Organ) (Tabelle 22) nimmt im Verlauf der Vegetation bis zu einem Optimum zu und bleibt nach der Abnahme konstant. Je älter ein Internodium ist, desto früher hat es sein Maximum an Radioaktivität (Imp/Min/Organ) erreicht und desto höher ist die nach der Abnahme noch verbleibende Radioaktivität (Imp/Min/Organ) in ihm, wenn man von  $I_4$  und  $I_5$  absieht. Im Gegensatz zu den Internodien  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$  und  $I_5$  ist die Radioaktivität bei  $I_1$  bis zum Ende der Vegetation erstaunlich hoch. Die Radioaktivität (Imp/Min/100 mg TS) nimmt bei den Internodien ebenso wie bei den

nodien im Verlauf der Vegetationsperiode ab und bleibt dann konstant (Tabelle 23).

Die Rispe ist das einzige Organ des Haupthalmes, das sowohl an Trockenmasse (Tabelle 18) als auch an Radioaktivität (Imp/Min/Organ) (Tabelle 19) im Verlauf der Vegetationsperiode zunimmt. Die relative Radioaktivität (Imp/Min/ 100 mg TS) nimmt jedoch von der fünften Ernte an ab (Tabelle 20). Die Zuwachsraten an Trockenmasse und Radioaktivität (Imp/Min/Organ) besitzen zwei Maxima. Das erste Maximum des Ertragszuwachses liegt in der fünften Ernte, das der Radioaktivität (Imp/Min/Organ) in der vierten Ernte. Das zweite Maximum tritt in beiden Fällen in der zwölften Ernte auf. Von der in den unbehandelten Teilen des Haupthalmes gefundenen Radioaktivität (Imp/Min/Organ) liegen in der Vollreife in der Rispe 82,1% vor. Davon entfallen 40,0% auf die Körner sowie die Vorspelzen, 30,9% auf den Rest (Hüllspelzen und Rispenäste). Wenn man annimmt, daß die Radioaktivität (Imp/Min/Organ) in der Haferrispe noch als CCC vorliegt, dann sind zum Zeitpunkt der Vollreife in Korn und Vorspelzen 20 ppm CCC und im Rest (Hüllspelzen und Rispenäste) 104 ppm enthalten.

Die Richtung des CCC-Transportes verläuft sowohl akropetal als auch basipetal. Das CCC wird jedoch vorwiegend in die apikalen meristematischen Wachstumszentren der Pflanze transportiert. In den Internodien ist ein undeutlicher Konzentrationsgradient vorhanden. Insgesamt muß CCC im Hafer außerordentlich mobil sein, da es verstärkt in die Wurzel und in die Nebentriebe verlagert wird. Diese gute Beweglichkeit geht offenbar in der Rispe verloren.

C3. Untersuchungen über mögliche Veränderungen von CCC  
in verschiedenen Organen im Verlauf von neun Tagen  
bei Sommer- und Winterweizen

C3a. Allgemeines

Untersuchungen von Jung und Henjes (1964), Jung und El-Fouly (1966), Bohring (1965) sowie Linser und Bohring (1968) ergaben, daß der CCC-Gehalt bei Weizen unter Feldbedingungen vom Zeitpunkt der Spritzung an im Verlauf der Wachstumsperiode schnell absinkt. Jung und El-Fouly (1966) stellten fest, daß die Menge der CCC-Rückstände im Korn von der Witterung abhängt. So wurde beispielsweise im feuchten Jahr 1965 trotz hoher CCC-Aufwandmengen kein CCC in den Körnern gefunden. Die genannten Autoren führen das rasche Absinken des CCC-Gehaltes in der Hauptsache auf einen Abbau von CCC zurück, weisen jedoch auch auf eine mögliche Auswaschung durch Regen unter Feldbedingungen hin. Jung und El-Fouly (1966) konnten nachweisen, daß bei hohen CCC-Aufwandmengen der Cholin- und Betaingehalt in Weizenpflanzen erhöht wird. Die genannten Autoren konnten einen schnellen Abbau von CCC in vitro feststellen. Schneider (1967) fand an abgeschnittenen Gersten- und Chrysanthemensprossen, daß 15 bis 30% der in Form von  $^{14}\text{C}$ -markiertem CCC aufgenommenen Radioaktivität innerhalb von 24 Std als  $^{14}\text{C}$ -Metaboliten des CCC vorlagen.

Im Gegensatz dazu berichteten Bohring und Linser (1967), daß  $^{14}\text{C}$ -markiertes CCC, das von den Pflanzen über die Wurzel aufgenommen wurde, in Hafer-, Gersten- und Weizenpflanzen keinem oder nur geringem Abbau unterlag. Ähnliche Befunde erhielt Blinn (1967) bei Blättern, Wurzeln und Körnern von Weizen und in Rattenurin. Blinn wies darauf hin, daß in den Rückständen nur CCC und keine Abbauprodukte vorhanden waren. Auch Birecka (1967) vermochte bei Weizenpflanzen keinen Abbau von  $^{14}\text{C}$ -markiertem CCC zu finden. Wohl aber zeigten die behandelten Pflanzen eine Erhöhung des Cholinpiegels.

Diese gegensätzlichen Ergebnisse gaben Veranlassung dazu, erneut in einem neun Tage dauernden Versuch zu prüfen, ob CCC in den verschiedenen Organen des Haupthalmes ab- oder umgebaut wird. Aus den Ergebnissen dieses Versuches konnte dann geschlossen werden, ob es sich bei der mit Hilfe der  $^{14}\text{CO}_2$ -Bestimmung nach Schöninger gefundenen Radioaktivität um CCC handelt oder nicht. Die Bestimmung des CCC wurde nach einer von Bohring ausgearbeiteten radiochemischen Methode durchgeführt (noch unveröffentlicht).

### C3b. Beschreibung des Versuches mit Sommerweizen 1968

Der Versuch bestand aus 24 kleinen Mitscherlichgefäßen, von denen zwölf als Kontrollen dienten und zwölf mit  $^{14}\text{C}$ -markiertem CCC behandelt wurden. Als Versuchspflanze wurde die Sommerweizensorte "Heines Koga" verwendet.

Am 26.5.1968 wurden 24 kleine Mitscherlichgefäße angesetzt. 6,5 kg Boden "Klein-Linden" wurden 10 g Nitrophoska beigemischt. Am 29.5.1968 erfolgte die Aussaat von 18 Körnern je Gefäß. Am 15.6.1968 wurde auf sechs Pflanzen vereinzelt. Die Behandlung erfolgte am 2.7.1968 (Stadium sechs der Feekes-Skala) auf das Blatt  $B_4$ .

### C3c. Beschreibung des Versuches mit Winterweizen 1968/69

Der Versuch bestand aus zehn kleinen Mitscherlichgefäßen. Als Versuchspflanze diente die Winterweizensorte "Jubilar". Am 15.11.1968 Ansetzen der Gefäße. 6,5 kg Boden "Klein-Linden" wurden mit 12 g eines NPK-Düngers (6/12/18) vermischt, Aussaat am 18.11.1968, Vereinzeln am 20.4.1969 auf 15 und am 21.5.1969 auf 6 Pflanzen. Das Blatt  $B_3$  wurde am 22.5.1969 mit  $^{14}\text{C}$ -markierter CCC-Lösung behandelt. Zu diesem Zeitpunkt war das Blatt  $B_1$  noch nicht vollständig ausgebildet (Stadium 8 der Feekes-Skala). Drei Internodien waren ausgebildet, die Ähre jedoch noch wenig. Sie steckte weit in den Scheiden. Am 30.5.1969, bei der dritten Ernte, war die Blattspreite des Blattes  $B_1$  bereits deutlich verdickt. Die Ähre war jedoch noch nicht herausgetreten.

Tabelle 25

Versuchsplan und Wachstumsbeobachtungen bei Sommerweizen

| Ernte | Tage nach<br>Behandlung | Ernte-<br>termin | Wachstumsbeobach-<br>tungen                                                                 |
|-------|-------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 1                       | <u>3.7.1968</u>  |                                                                                             |
| 2     | 2                       | <u>5.7.1968</u>  |                                                                                             |
|       |                         | 8.7.1968         | Mehltau- und Blatt-<br>lausbefall                                                           |
|       |                         | 9.7.1968         | Mehltau- und Blatt-<br>lausbefall nicht wei-<br>ter ausgebreitet                            |
| 3     | 9                       | <u>11.7.1968</u> |                                                                                             |
|       |                         | 16.7.1968        | Scheide teilweise auf-<br>geplatzt, Ähre sicht-<br>bar, teils Minierfraß<br>an den Blättern |
|       |                         | 17.7.1968        | deutliche Verkürzungen<br>sichtbar                                                          |
| 4     | 16                      | <u>18.7.1968</u> |                                                                                             |
| 5     | 21                      | <u>23.7.1968</u> |                                                                                             |
| 6     | 27                      | <u>29.7.1968</u> |                                                                                             |

Tabelle 26

Erträge (in g Frischsubstanz) an verschiedenen Organen des  
Haupthalmes von Sommerweizen im Verlauf von 27 Tagen

| Organ                                            | 1 Tag | 3 Tage | 9 Tage | 16 Tage | 21 Tage | 27 Tage |
|--------------------------------------------------|-------|--------|--------|---------|---------|---------|
| B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> | 9,3   | 13,9   | 9,7    | 16,6    | 16,4    | 14,0    |
| Beh. Blatt                                       | 4,5   | 4,5    | 4,5    | 3,9     | 4,0     | 3,0     |
| B <sub>5</sub> , B <sub>6</sub>                  | 4,8   | 4,3    | 2,3    | 1,7     | 0,9     | 0,8     |
| Stengel u.<br>Knoten                             | 3,6   | 4,0    | 9,9    | 16,9    | 19,9    | 19,3    |
| Ähre                                             | -     | -      | 2,3    | 8,7     | 8,6     | 9,0     |
| Wurzel                                           | 21,4  | 25,3   | 45,0   | 40,5    | 38,5    | 34,8    |
| Nebentriebe                                      | 39,1  | 54,0   | 82,0   | 117,2   | 126,5   | 121,5   |

Wegen starken Mehлтаubefalles wurden nur die ersten drei Ernten analysiert.

Tabelle 27

Versuchsplan bei Winterweizen

| Ernte | Zeit nach der<br>Behandlung | Erntetermin |
|-------|-----------------------------|-------------|
| 1     | 3 Std                       | 22.5.1969   |
| 2     | 6 Std                       | 22.5.1969   |
| 3     | 24 Std                      | 23.5.1969   |
| 4     | 8 Tage                      | 30.5.1969   |

Tabelle 28

Frischertrag (in g) an den einzelnen Organen des Haupt-  
halmes

| Organ                                            | 3 Std | 6 Std | 24 Std | 8 Tage |
|--------------------------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub>                  | 13,8  | 13,7  | 14,2   | 16,5   |
| beh. Blatt                                       | 6,3   | 6,7   | 6,4    | 6,8    |
| Ähre                                             | -     | -     | -      | 8,1    |
| B <sub>4</sub> , B <sub>5</sub> , B <sub>6</sub> | 10,8  | 10,3  | 11,0   | 7,5    |
| Stengel u.<br>Knoten                             | 14,9  | 14,0  | 15,0   | 22,5   |

Die Pflanzenorgane wurden bei der ersten bis dritten Ernte sofort in 75 %igen Athanol überführt und im Kühlschrank bei 4° C aufbewahrt. Das Pflanzenmaterial der vierten Ernte wurde eingefroren.

C3d. Radioaktivität (Imp/Min/Organ) der CCC-, Cholin-  
und Aminosäurefraktion in verschiedenen Organen des  
Haupthalmes von Winter- und Sommerweizen nach der  
Applikation von <sup>14</sup>C-markiertem CCC auf ein Blatt  
des Haupthalmes

Der Hauptanteil der im Haupthalm gefundenen Radioaktivität liegt bei allen Ernten im behandelten Blatt als CCC vor (Tabelle 24). Von den unbehandelten Teilen des Haupthalmes enthalten die Blätter B<sub>1</sub> und B<sub>2</sub> sowie die Ähre mehr CCC als die Blätter B<sub>4</sub>, B<sub>5</sub> und B<sub>6</sub>. Daraus geht wiederum hervor, daß CCC in der hauptsache akropetal in die

stoffwechselaktiven Organe transportiert wird. Im Verlauf eines Tages nimmt die CCC-Menge pro Organ in den apikalen Organen und in Stengel und Knoten bei Winterweizen zu. Nach einem Tag sind die Mengen an CCC bei beiden Getreidearten in den oberen Blättern gleich. In Stengel und Knoten weist Winterweizen höhere Radioaktivitätsmengen auf als Sommerweizen. Die Radioaktivität der oberen Blätter ( $B_1$  und  $B_2$ ) von Sommerweizen in der CCC-Fraktion ist bei der letzten Ernte höher als bei Winterweizen. Möglicherweise hat CCC im Sommerweizenblatt eine längere Verweildauer als im Winterweizenblatt. Die Beweglichkeit verhält sich dann umgekehrt wie die Verweildauer, wie man aus den CCC-mengen in Stengel und Knoten ersieht.

Bei Sommerweizen findet sich in der Cholin- und der Aminosäurefraktion eine höhere Radioaktivität als bei Winterweizen. Der Anteil dieser Fraktionen an der insgesamt gefundenen Radioaktivität (Imp/Min/Organ) beträgt bei Sommerweizen nach neun Tagen nicht mehr als 10 %, bei Winterweizen nach acht Tagen 2,5 %. Insbesondere bei Winterweizen wurde also das CCC im Verlauf von acht Tagen nur zu einem geringen Teil in andere Verbindungen umgewandelt. Die größten Radioaktivitätsmengen der Cholin- und der Aminosäurefraktion wurden bei beiden Getreidearten im behandelten Blatt gefunden.

Es wurde bereits angedeutet, daß die Sommerweizenpflanzen im Gegensatz zum Winterweizen mit Mehltau befallen waren, und es stellt sich das Problem, ob CCC teilweise nicht bereits durch Mehltau auf der Blattoberfläche, ähnlich wie im Boden durch Mikroorganismen, abgebaut worden ist (Linser, Kühn und Bohring 1965, Jung 1964). Danach könnten markierte Umwandlungsprodukte bereits über die Blattoberfläche in die Pflanze gelangt und dort, ähnlich wie CCC, verteilt worden sein. Der Befund, daß im behandelten Blatt des Sommerweizens schon ein hoher Anteil der gesamten Radioaktivität in der Cholin- und Aminosäurefraktion vorzufinden war, spricht für diese Annahme.

Der Beweis für eine solche Beteiligung des Mehлтаupilzes an der Umwandlung von CCC wurde aber nicht erbracht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß bei Winterweizen, im Verlauf von 8 Tagen, nur ein geringer Teil des applizierten CCC eine chemische Umwandlung erfahren hat. Dieser Befund stimmt mit den Ergebnissen von Birecka (1967), Blinn (1967) sowie Linser und Bohring (1967) überein, steht aber im Gegensatz zu den Untersuchungen von Jung und El Fouly (1966) sowie Schneider (1967).

#### D. Diskussion der Versuchsergebnisse

Untersuchungen von Linser und Kühn (1963) sowie Bohring (1965) hatten ergeben, daß die einzelnen Getreidearten und -sorten unterschiedlich auf CCC reagieren. Welche Mechanismen im einzelnen wirken, ist jedoch noch weitgehend unbekannt. Sicher scheint aber zu sein, daß CCC ganz allgemein die Wiberellinsäuresynthese hemmt (Harada und Lang 1963; Baldev und Lang 1965; Köhler 1965; Kende, Winneman und Lang 1963 und andere). Es lag nahe, die unterschiedliche Reaktion der einzelnen Getreidearten in einer unterschiedlichen Beweglichkeit und einer verschiedenartigen Verlagerung des CCC zu suchen. Aus diesem Grund wurden in der vorliegenden Arbeit die drei folgenden Fragenkomplexe behandelt.

1. Transport und -richtung von CCC aus einem behandelten Blatt in Hafer- und Weizenpflanzen,
2. Verlagerung von CCC in die übrigen Blätter von Sommerweizen und Haferpflanzen,
3. seine Verteilung auf Internodien und Nodien.

##### D1. Transport von CCC aus einem behandelten Blatt

Nach den Vorstellungen von Crafts (1961) über die Aufnahme von Herbiziden erscheint es durchaus möglich zu sein, daß CCC ähnlich wie 2,4-D durch die Blattoberfläche (Kutikula) in die Pflanze gelangt und von dort über das Mesophyll Anschluß an die Gefäßbündel des Blattes gewinnt. Eigene radioautographische Untersuchungen lassen vermuten, daß CCC von der Blattspreite des behandelten Blattes durch die Blattspurstränge über die Blattscheide in den Hauptstängel gelangt. Diese Vorstellung wird durch Untersuchungen von Birecka (1967) gestützt, die in den Blattscheiden von Weizenblättern höhere Mengen an Radioaktivität feststellte als in den entsprechenden Blattspreiten. Die Einwanderung in ein unbehandeltes Blatt hat man sich entsprechend vorzustellen. Zum besseren Verständnis soll kurz auf die Anatomie der Blattspurstränge eingegangen werden. Wie allgemein bekannt ist, verlaufen die Blattspurstränge im Gramineenblatt parallel nebeneinander her, indem sie sich von einem dicke-

ren Mittelstrang zu den Rändern hin verzüngen. Am Querschnitt eines Weizenhalmes (Koch 1968) kann man erkennen, daß die Blattspurstränge auf einen peripheren Ring begrenzt sind und zur Sproßachse parallel verlaufen. Da ein Gramineenblatt mit der Blattscheide, die das Internodium umhüllt und zu dessen Festigkeit beiträgt, im Bereich eines Nodiums inseriert ist, muß man annehmen, daß die Blattspurstränge an dieser Stelle in den Halm eintreten und von dort parallel zur Sproßachse basipetal bis zum nächsten Nodium verlaufen, das Querverbindungen unter den einzelnen Blattspursträngen herstellt. Aus den in Tabelle drei und vier vorgelegten Ergebnissen geht hervor, daß beispielsweise bei Variante B<sub>3</sub> in der ersten Ernte die höchste Menge an Radioaktivität (Imp/Min/Organ) im Internodium I<sub>4</sub> vorliegt. Daraus kann man schließen, daß CCC aus einem Blatt zunächst basipetal und dann akropetal in die apikalen Zentren des Wachstums transportiert wird. Vergleicht man bei Variante B<sub>3</sub> in der ersten Ernte die Radioaktivität (Imp/Min/Organ) in den einzelnen Internodien, so deutet die hohe Menge an Radioaktivität im Internodium I<sub>4</sub> darauf hin, daß sowohl akropetal als auch basipetal wanderndes CCC erfaßt worden ist. Bei Variante B<sub>2</sub> kann man prinzipiell den gleichen Vorgang annehmen, nur mit dem Unterschied, daß bei Variante B<sub>2</sub> im Gegensatz zu Variante B<sub>3</sub> das Internodium I<sub>3</sub> in der ersten Ernte die höchste Radioaktivität (Imp/Min/Organ) aufweist. Dies ist verständlich, wenn man berücksichtigt, daß bei dieser Variante ein Blatt behandelt wurde, das akropetaler als das Blatt B<sub>3</sub> liegt. Bei Hafer konnten diese Verhältnisse nicht so deutlich nachgewiesen werden, da hier das Blatt B<sub>4</sub> behandelt wurde, das näher an der Wurzel inseriert ist. Ferner war bei Hafer zum Zeitpunkt der Behandlung der Halm noch nicht so deutlich gegliedert wie bei Winterweizen.

Aus den vorgelegten Ergebnissen geht hervor, daß das CCC in Getreidepflanzen unpolar verlagert wird. Der akropetale Transport zu den stoffwechselaktiven Zentren im Haupt-

halm einer Pflanze übertrifft jedoch den basipetalen bei weitem. Sowohl eigene Untersuchungen an Tomatenpflanzen und Tomatenblättern als auch Untersuchungen von Rothenberger (1964) an Chrysanthemen und Poinsettien sowie Untersuchungen von Birecka (1967) an Weizen ergaben ebenfalls für CCC, wie bei der Gibberellinsäure, einen unpolaren Transport.

Bei Hafer scheint der Anteil des basipetalen Transportes höher als bei Winterweizen zu sein, weil die Radioaktivität in den Nebentrieben und der Wurzel von Hafer größer ist als bei Weizen (Tabelle 12). Im Gegensatz zu Hafer ist bei Weizen zuerst von Beginn der fünften Ernte an Radioaktivität in den Nebentrieben meßbar. Möglicherweise sind diese Ergebnisse auf eine unterschiedliche Mobilität von CCC in beiden Getreidearten zurückzuführen. Diese Annahme wird dadurch gestützt, daß bei Hafer die Radioaktivität aus allen Organen, mit Ausnahme der Rispe, stärker auswandert als bei Weizen. Die schlechtere Mobilität kann darin ihre Ursache haben, daß CCC auf Grund seiner Kationeneigenschaften an entsprechenden Stellen im Xylem, den Interzellularen und den Zellwänden bei Weizen stärker festgelegt wird als bei Hafer. Diese Verhältnisse könnten auch für die Haferrispe zutreffen. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß der höhere Anteil des basalen Transportes bei Hafer auf die Applikation zu einem früheren Entwicklungsstadium und auf die basalere Lage des behandelten Blattes im Gegensatz zu Weizen zurückzuführen ist.

#### D2. Verlagerung von CCC in die unbehandelten Blätter des Haupthalmes von Hafer und Winterweizen in Abhängigkeit vom physiologischen Alter

In den unbehandelten Blättern des Haupthalmes  $B_1$  und  $B_2$  bei Winterweizen (Tabelle 3 und 4) sowie  $B_1$ ,  $B_2$  und  $B_3$  von Hafer (Tabelle 16) steigt die absolute (Imp/Min/Organ) und die relative Aktivität (Imp/Min/100 mg TS) im Verlauf

der Vegetationsperiode zuerst an, nimmt danach wieder ab und bleibt dann nahezu konstant (Diagramm 2 und 9). In den Blättern  $B_3$ ,  $B_4$  und  $B_5$  bei Winterweizen bzw.  $B_5$  und  $B_6$  bei Hafer sind nur Spuren von Radioaktivität vorhanden. Vergleicht man in diesen Blättern die Zuwachsraten an Trockenmasse und Radioaktivität im Verlauf der Vegetationsperiode, so kann man feststellen, daß die Maxima beider Größen bei den Blättern  $B_1$  und  $B_2$  bei Winterweizen sowie  $B_1$ ,  $B_2$  und  $B_3$  bei Hafer zusammenfallen, während bei den restlichen Blättern beider Getreidearten keine Veränderungen der Trockenmasse und der Radioaktivität (Imp/Min/Organ) auftreten. Daraus kann man schließen, daß die letzteren Blätter, im Gegensatz zu den ersteren, bereits ausgewachsen waren. Diese Ergebnisse haben Ähnlichkeit mit Befunden, die im Literaturüberblick ausführlich besprochen wurden (Lawton 1967; Leonhard und Weaver 1961 u.a.). So stellte Lawton (1967) fest, daß Blätter von Dioscorea bis zur völligen Ausbildung der Lamina einen Zufluß an Assimilaten zu verzeichnen hatten, während danach dieselben Blätter nur noch Assimilate abgaben, jedoch keine mehr aufnahmen. Leonhard und Weaver (1961) wiesen auf Grund von Versuchen mit 2,4-D darauf hin, daß ein Blatt, je nach Entwicklungsalter, von der Aufnahme von Stoffen auf Abgabe umschalten kann. Untersuchungen von Mitchell und Brown (1946), Weaver und Rose (1946) und Crafts (1961) zeigten, daß Herbizide in Blättern nach einem Verteilungsmuster von "source nach sink" transportiert werden, wie dies für Assimilate bekannt ist. Die eigenen Untersuchungen lassen annehmen, daß CCC in den Blättern von Getreide sich ähnlich verhält. Danach lagerten die Blätter  $B_1$  und  $B_2$  von Winterweizen sowie  $B_1$ ,  $B_2$  und  $B_3$  von Hafer im Verlauf der Vegetationsperiode so lange CCC ein, bis sie voll entwickelt waren, während die restlichen Blätter, die zum Zeitpunkt der Behandlung die Entwicklung bereits abgeschlossen hatten, keine Radioaktivität mehr einlagern konnten, d.h., daß sie wahrscheinlich schon von Import auf Export umgeschaltet hatten.

Daß die Blätter, die Radioaktivität (Imp/Min/Organ) einlagerten, noch nicht vollkommen entwickelt waren, geht daraus hervor, daß sie im Verlauf der Vegetationsperiode noch an Trockenmasse zunahmen. An dem Verhalten des Blattes  $B_3$  der Varianten  $B_2$  und  $B_3$  bei Winterweizen wird deutlich, daß ein entwickeltes Blatt anscheinend nicht mehr in der Lage ist, CCC aus anderen Teilen der Pflanze aufzunehmen (Tabelle 4), jedoch von außen zugeführtes CCC noch exportieren kann (Tabelle 3). Der Vergleich der einzelnen unbehandelten Blätter beider Getreidearten nach Beendigung des CCC-Exportes zeigt, daß sich die Radioaktivität (Imp/Min/Organ) umgekehrt wie ihr Alter verhält. Offensichtlich nahmen deshalb auch die zur Zeit der Behandlung in der Entwicklung schon fortgeschritteneren Blätter ( $B_3$  bei Hafer und  $B_2$  bei Winterweizen der VRB $_3$ ) nicht mehr so viel Radioaktivität auf wie die in der Entwicklung jüngeren ( $B_1$  und  $B_2$  bei Hafer sowie  $B_1$  bei Winterweizen).

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß CCC in ähnlicher Weise wie die Assimilate und 2,4-D innerhalb der Pflanzen verteilt wird. Die Ergebnisse lassen erkennen, daß auch bei CCC das physiologische Alter der Blätter in starkem Maße die Richtung des CCC-Transportes bestimmt.

### D3. Verlagerung von CCC in Internodien und Nodien bei Hafer und Winterweizen

Aus den Tabellen 3, 4, 7, 8, 22 und 23 sowie aus den Diagrammen 6, 7, 10, 11 und 12 geht hervor, daß sich die Internodien von Winterweizen und Hafer in ihrem Gehalt an Radioaktivität (Imp/Min/Organ) und (Imp/Min/100 mg TS) unterscheiden. Bei Winterweizen steigt die absolute Radioaktivität (Imp/Min/Organ) (Tabelle 3 und 4) im Verlauf der Vegetationsperiode an und fällt gegen Ende ab, während sie bei Hafer bis zu einem deutlichen Optimum ansteigt, danach stark abfällt und dann konstant bleibt (Tabelle 22 und Diagramme 11 und 12). Eine Ausnahme stellt das Internodium  $I_1$

der beiden Varianten von Winterweizen dar, bei dem die Radioaktivität (Imp/Min/Organ) bis zum Ende der Vegetationsperiode ansteigt. Je jünger ein Haferinternodium ist, desto später erreicht es im Verlauf der Vegetationsperiode sein Maximum an Radioaktivität und desto höher liegt dieses. Die relative Radioaktivität (Imp/Min/100 mg TS) in den einzelnen Internodien nimmt im Verlauf der Vegetationsperiode bei beiden Getreidearten mit Ausnahme von  $I_1$  ab (Tabellen 7, 8 und 23 und Diagramme 6 und 7). Bei den Haferinternodien ist die Anfangskonzentration höher, und ihre Abnahme erfolgt stärker als bei Winterweizen. Durch den Zuwachs an Trockenmasse erfährt bei Winterweizen die Radioaktivität der Internodien eine Verdünnung. Eine Ausnahme stellen die Internodien  $I_3$  der VRB<sub>2</sub> und  $I_4$  der VRB<sub>3</sub> dar, da sie in direkter Verbindung mit dem behandelten Blatt stehen.

Im Gegensatz zu Winterweizen wird die Radioaktivität in den Internodien von Hafer nicht nur verdünnt, sondern auch aus diesen in andere Organe verlagert. Nach der Beendigung des Zuwachses an Trockenmasse, die mit dem Maximum der absoluten Radioaktivität (Imp/Min/Organ) zusammenfällt, findet eine starke Auswanderung aus diesen statt. Diese Befunde lassen den Schluß zu, daß die Radioaktivität in den Internodien von Hafer eine kürzere Verweildauer hat als in denen von Winterweizen. Das Verteilungsmuster der Radioaktivität (Imp/Min/Organ) der einzelnen Internodien von Hafer im Verlauf der Vegetationsperiode entspricht etwa dem der Hafer- und Winterweizenblätter.

Die absolute (Imp/Min/Organ) und die relative Radioaktivität (Imp/Min/100 mg TS) der Nodien nimmt bei Hafer zuerst schnell ab und bleibt dann konstant (Diagramme 3, 4, 5, 10 und 12). Ähnlich verhalten sich  $N_3$  und  $N_4$  bei Winterweizen. Im Gegensatz dazu nimmt die absolute (Imp/Min/Organ) und die relative Radioaktivität (Imp/Min/100 mg TS) in den Nodien  $N_1$  und  $N_2$  der beiden Winterweizenvarianten bis zu einem deutlichen Optimum zu, um dann wieder abzunehmen. Dieses Verhal-

ten deutet darauf hin, daß  $N_1$  und  $N_2$  bei Weizen, im Gegensatz zu den Nodien von Hafer und  $N_3$  und  $N_4$  von Winterweizen, in der Lage sind, längere Zeit Radioaktivität einzulagern. Die Konzentration an Radioaktivität (Imp/Min/100 mg TS) ist bei Winterweizen höher als bei Hafer (Tabellen 7, 8 und 20).

Möglicherweise sind diese Unterschiede im CCC-Gehalt der Nodien die direkte Ursache für die unterschiedliche Hemmung des Längenwachstums der Internodien bei Winterweizen und Hafer. Um diesen möglichen Zusammenhang zu erklären, sei kurz auf die Stellung des Knotens innerhalb der Pflanze eingegangen: Der Haupthalm ist durch knotenartige Verdickungen in blattfreie Zonen (Internodien) und Teile, an denen die Blätter inseriert sind, eingeteilt. Bei den monokotylen Pflanzen ist jeweils ein Blatt im Bereich des Knotens mit seiner Blattscheide inseriert. Das Längenwachstum der Blattscheiden und der Internodien ist basal interkalar. Das bedeutet, daß diese Regionen laufend Zellen in akropetaler Richtung abgeben, die durch Streckung in den erwachsenen Zustand übergehen. Nach Golub und Westmore (1948) werden die Phloem- und Xylemprimanen der Internodialbündel bei Equisetum arvense basipetal von dem jüngeren Internodium aus entwickelt, eine Folge des interkalaren Wachstums der Internodien. Dadurch gewinnen diese Anschluß an die Leitbündel des darunterliegenden Knotens. Mit der Internodienentwicklung läuft eine Verdickung der Sproßachse parallel. Daraus geht hervor, daß die Knoten gerade im Bereich der interkalaren Wachstumszonen entstehen, die als Stellen lang anhaltenden Wachstums bekannt sind. Die Sproßgelenke (Knoten) sind noch zu Wachstumsbewegungen fähig, auch wenn diese in den benachbarten Internodien bereits aufgehört haben. Dies wird an einer praktischen Erfahrung deutlich. Wird beispielsweise ein Getreidehalm durch Witterungseinflüsse umgelegt, so daß die Sproßgelenke in eine horizontale Lage geraten, dann wird das Wachstum im Bereich des Knotens wie-

deraufgenommen, wodurch der Halm wieder aufgerichtet wird. Untersuchungen von Sachs und Lang (1957 und 1961) haben ergeben, daß durch Zufuhr von Gibberellinen die Zellteilung nicht in den obersten Schichten (dem apikalen Meristem), in denen auch die Differenzierung in Blatt und Sproßanlagen erfolgt, stimuliert wird, sondern in den darunterliegenden Schichten, dem subapikalen Meristem, das hauptsächlich zum Streckungswachstum beiträgt. Aus Befunden von Harada und Lang (1965), Baldev und Lang (1965), Köhler (1965) und Kende, Minnemann und Lang (1965) geht hervor, daß CCC die Gibberellinsäuresynthese hemmt und dadurch auch das Streckungswachstum des Sprosses. Ergebnisse von Sachs und Lang (1961) sowie Sachs, Lang, Bretz und Roach (1960) lassen erkennen, daß durch AMO 1618 die Zellteilung und die teilungsfähige Zone im subapikalen Meristem vermindert werden. Sachs und Kofranek (1963) erhielten ähnliche Ergebnisse für CCC. Eigene Untersuchungen und die von Birecka (1967) haben eine hohe CCC-Konzentration und eine hohe CCC-Menge in den Knoten von Weizen ergeben.

Die Befunde anderer Autoren und die eigenen Ergebnisse führen zu der Annahme, daß die Gibberellinsäuresynthese bei Getreide auch in der Knotenregion stattfindet. Eine Anreicherung von CCC in den Knoten müßte dann zwangsläufig zu einer Hemmung der Zellteilungsaktivität bzw. des Streckungswachstums in den interkalaren Wachstumszonen der Internodien führen. Bei Getreidearten, bei denen keine Anreicherung von CCC in den Knoten stattfindet, ist die Hemmung des Längenwachstums entsprechend geringer.

Untersuchungen von Birecka (1967) machen deutlich, daß CCC das Längenwachstum bei Weizen nicht nur hemmen, sondern auch fördern kann. Vergleicht man die CCC-Konzentrationen in den entsprechenden Nodien der jeweiligen Versuche Bireckas, so wird deutlich, daß CCC unterhalb einer bestimmten Konzentrationsschwelle in den nodalen Komplexen fördernd und oberhalb derselben hemmend wirken kann. Die eigenen Unter-

suchungen haben gezeigt, daß CCC bei Weizen, im Gegensatz zu Hafer, im Verlauf der Vegetationsperiode über einen längeren Zeitraum in höherer Konzentration in den Nodien vorliegt. Zieht man die Befunde von Birecka (1967) zur Erklärung der eigenen Ergebnisse heran, so muß man annehmen, daß im Hafer, auf Grund der geringeren Verweildauer in den Nodien, die CCC-Konzentration nicht für längere Zeit den erforderlichen Schwellenwert erreicht, der notwendig ist, um zu einer stärkeren Hemmung des Längenwachstums der Internodien zu führen. Hierbei ist nicht unbedingt auszuschließen, daß die geringere Verweildauer der Radioaktivität in den Nodien des Hafers durch einen stärkeren Abbau des CCC in diesen Pflanzen und einen schnelleren Abtransport der Abbauprodukte zustande kommt. Das würde auch eine Erklärung für die starke Anreicherung von Radioaktivität in der Rispe geben. Im Gegensatz zur Winterweizenähre ist der Anstieg in der Haferrispe außerordentlich groß ( Diagramme 1 und 8). Eine Anreicherung von CCC in der Haferrispe wäre durchaus verständlich, wenn auch CCC im Hafer ähnlich wie bei Weizen nur einem geringen Abbau unterliegt. Insgesamt führen die vergleichenden Untersuchungen an Hafer und Weizen zu dem Schluß, daß die unterschiedliche Wirkung von CCC bei diesen beiden Getreidearten auf eine unterschiedliche Verweildauer in den einzelnen Organen, besonders den Nodien, zurückzuführen ist. Inwieweit hierbei auch ein unterschiedlich starker Abbau des CCC bei beiden Pflanzenarten eine Rolle spielt, bleibt offen.

### E. Zusammenfassung

Untersuchungen von Linser und Kühn (1963) und Bohring (1965) haben ergeben, daß CCC bei den einzelnen Getreidearten und -sorten unterschiedlich starke Verkürzungen des Halmes hervorruft. Aus den zahlreichen Untersuchungen, die außerdem im Laufe der letzten Jahre durchgeführt wurden, geht jedoch nicht hervor, warum CCC bei den einzelnen Getreidearten unterschiedlich wirkt. Sicher scheint bis jetzt zu sein, daß CCC die Gibberellinsäuresynthese hemmt (Harada und Lang 1963; Ballev und Lang 1965; Köhler 1965; Kende, Ninnemann und Lang 1963).

Ausgehend von der Vorstellung, daß die unterschiedliche Wirkung von CCC bei den einzelnen Getreidearten auf einer unterschiedlichen Verteilung beruhen könnte, wurden vergleichende Versuche mit Winterweizen und Hafer durchgeführt. Mit Hilfe der Versuche an Sommerweizen 1968 und Winterweizen 1968/69 sollte weiterhin die Frage geklärt werden, ob auf ein Blatt aufgebrachtes CCC abgebaut bzw. in andere Verbindungen umgebaut wird. In allen Versuchen erfolgte die Applikation des CCC in Form von  $^{14}\text{C}$ -markierter Lösung auf ein Blatt des Haupthalmes der betreffenden Pflanzen.

Die Untersuchungen erbrachten folgende Ergebnisse:

#### a. Weizen:

1.  $^{14}\text{C}$ -markiertes CCC, auf ein Blatt eines Haupthalmes aufgebracht, wurde aus dem Applikationsblatt in die übrigen Teile der Pflanze transportiert. CCC rief deutliche Verkürzungen des Haupthalmes hervor.
2. Die Verteilung innerhalb der Pflanze erfolgte rasch. Drei Stunden nach der Behandlung war CCC bei Winterweizen im gesamten Haupthalm nachweisbar.
3. Der Transport von CCC erfolgte unpolar. Die größte CCC-Menge wurde jedoch in den apikalen Wachstumszentren gefunden.
4. Aus einem stoffwechselaktiven, behandelten Blatt wurde mehr Radioaktivität transportiert als aus einem physiologisch älteren Blatt.

5. Der größte Teil der Radioaktivität (Imp/Min/Organ) lag während der gesamten Versuchsdauer im behandelten Blatt vor. Jüngere Blätter als das behandelte Blatt nahmen relativ hohe Mengen Radioaktivität auf, während in den älteren nur Spuren vorhanden waren. Der Abtransport aus dem behandelten Blatt und die Einlagerung von CCC in die übrigen Blätter scheint ähnlich wie bei den Assimilaten und bei 2,4-D von der physiologischen Reife der Blätter abhängig zu sein.
6. In den unbehandelten Teilen der Pflanzen wurde die höchste Konzentration in den Nodien festgestellt. Sie war im Nodium  $N_1$  der Variante  $B_2$  höher als im behandelten Blatt.
7. Die Konzentration an Radioaktivität war in den Internodien bei weitem geringer als die der Nodien. Auf Grund der höheren Gewichte waren jedoch die absoluten Gehalte an Radioaktivität (Imp/Min/Organ) in den Internodien höher. Entlang der Internodien konnte ein Konzentrationsgradient in akropetaler Richtung festgestellt werden.
8. Die absolute Radioaktivität in der gesamten Ähre war gering. Sie war in Ährenspindel und Spelzen höher als im Korn.
9.  $^{14}\text{C}$ -markiertes CCC wurde bei Winterweizen nur wenig, bei Sommerweizen stärker ab- bzw. umgebaut. Das ergab die Untersuchung der löslichen Cholin- und Aminosäurefraktion. Der Anteil dieser beiden Fraktionen an der Gesamtaktivität war im behandelten Blatt am höchsten. Auf die Möglichkeit eines stärkeren Ab- bzw. Umbaus bei Sommerweizen auf Grund von Mehлтаubefall wurde hingewiesen. Es wird vermutet, daß CCC teilweise bereits auf der Blattoberfläche, ähnlich wie im Boden, durch Mikroorganismen abgebaut wurde.

#### b. Hafer:

1. Auf ein bestimmtes Blatt aufgebrachtes  $^{14}\text{C}$ -markiertes CCC wurde, wie bei Winterweizen, schnell in der gesamten Pflanze verteilt. Bei den mit CCC behandelten Pflanzen traten Halmverkürzungen auf.
2. Auch bei Hafer erfolgte der CCC-Transport unpolar. Wie bei Weizen wurde jedoch der größte Teil der Radioaktivität

(Imp/Min/Organ) akropetal in die stoffwechselaktiven Wachstumszentren der Haferpflanze verlagert. Während bei Winterweizen zuerst von der fünften Ernte nach CCC-Applikation Radioaktivität in den Nebentrieben nachgewiesen werden konnte, wurden bei Hafer schon von der ersten Ernte an in der Wurzel und in den Nebentrieben meßbare Radioaktivitätsmengen gefunden. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß der höhere Anteil des basalen Transportes bei Hafer auf die Applikation zu einem früheren Entwicklungsstadium und auf die basalere Lage des behandelten Blattes im Gegensatz zu Weizen zurückzuführen ist. Den Befunden könnte man entnehmen, daß die Mobilität von CCC bei Weizen geringer ist als bei Hafer.

3. Die größte Menge an Radioaktivität (Imp/Min/Organ) enthielt jeweils das behandelte Blatt. In den unbehandelten jüngeren Blättern konnte im Gegensatz zu den älteren Radioaktivität nachgewiesen werden. Einlagerung und Abtransport der Radioaktivität (Imp/Min/Organ) hingen auch bei Hafer von der physiologischen Reife des Blattes ab. Diese Befunde stimmen mit den bei Winterweizen gemachten Beobachtungen überein.

4. In den Internodien nahm die Radioaktivität bis zu einem deutlichen Maximum zu und dann stark ab.
5. Im Gegensatz zu Weizen enthielten die Nodien von Hafer relativ geringe Konzentrationen an Radioaktivität. Offensichtlich passiert CCC bei Hafer die Nodien schneller als bei Weizen.

Setzt man voraus, daß in der Getreidepflanze die Nodien Syntheseorte für die Gibberelline sind, so könnte mit der längeren Verweildauer bzw. Anreicherung von CCC in den Nodien von Weizen die stärkere halmverkürzende Wirkung des CCC bei dieser Getreideart erklärt werden.

6. Im Gegensatz zu Winterweizen nahm die Radioaktivität in der Rispe bis zum Ende der Vegetation zu. Es lag dann der Hauptanteil der Radioaktivität der unbehandelten Teile der Haferpflanze in der Rispe vor. Da bei Hafer keine CCC-Bestimmung durchgeführt wurde, ist keine Aussage möglich, ob es sich bei der hohen Aktivität in der Haferrispe um unverändertes CCC oder um Abbauprodukte des CCC handelt.

Literaturverzeichnis :

- Audus, L.J. : The transport of growth regulators in plants. *Agrochimica* XI, 309-329 (1967)
- Bancher, E., J. Hölzl und J. Klima : Licht- und Elektronenmikroskopische Beobachtungen an der Kutilkula der Zwiebelschuppe von *Alium cepa*. *Protoplasma* 52, S.247 (1960)
- Baldev, B. and A. Lang : Control of flower formation by growth retardants and gibberellin in *Samolus Parviflorus*, a long-day plant. *Am. J. Botany* 52, 408-417 (1965)
- Biddulph, O. : Diurnal migration of injected radiophosphorus from bean leaves. *Am. J. Botany* 28, 348-352 (1941)
- Biddulph, O. and J. Markle : Translocation of radiophosphorus in the phloem of the cotton plant. *Am. J. Botany* 31, 65-70 (1944)
- Biddulph, O., R. Cory and S. Biddulph : The absorption and translocation of sulfur in red kidney bean. *Plant Physiol.* 31, 28-33 (1956)
- Biddulph, S. : Visual indication of <sup>35</sup>S and <sup>32</sup>P-translocation in the phloem. *Am. J. Botany* 43, 143-148 (1956)
- Bieleski, R.L. : Accumulation of phosphate, sulfate and sucrose by excised phloem tissues. *Plant Physiol.* 41, 447-454 (1966)
- Birecka, H. : Translocation and distribution of <sup>14</sup>C-labelled 2-(chloroethyl)-trimethylammonium (CCC) in wheat. *Bull. de Acade. Polonaise Sciences* Vol XV, No. 11, 707-714 (1967)
- Blinn, R.C. : Plant growth regulant (biochemical behavior of 2-(chloroethyl)-trimethylammonium chloride in wheat and in rats). *J. Agr. Food Chem.*, Vol. 15, No. 6, 984-988 (1967)
- Bohring, J. : Die Aufnahme von Chlorcholinchlorid (CCC) durch die Getreidepflanzen, sein Abbau im Boden und seine quantitative Bestimmung in Böden und biologischen Substanzen. *Diss. Gießen* (1965)

- Bukovac, M.J. and  
S.H. Wittwer : Absorption of foliar applied  
nutrients.  
Plant Physiol. 32, 428-435 (1957)
- Chen, S.L. : Stimultaneous movements of  $^{32}\text{P}$   
and  $^{14}\text{C}$  in opposite directions  
in phloem tissue.  
Am. J. Botany 38, 203-211 (1951)
- Collwell, R.N. : The use of radioactive phosphorus  
in translocation studies.  
Am. J. Botany 29, 789-807 (1942)
- Crafts, A.S. : Absorption and migration of syn-  
thetic auxins and homologous  
compounds.  
Handbuch der Pflanzenphysiol.,  
Band XVI, 1044-1054 (1961)  
Springer Verlag Berlin-Göttingen-  
Heidelberg
- Crafts, A.S. : Use of labelled compounds in  
herbicide research.  
J. appl. Radiation and Isotope  
13, 407 (1962)
- Crafts, A.S. : Herbicide behavior in plants.  
Physiol. and biochemistry of her-  
bicide.  
Academic Press, London 75 (1964)
- Crafts, A.S. and  
S. Yamaguchi : Comparative tests on the uptake  
and distribution of labelled  
herbicides by Zebrina pendula  
and Tradescantia fluminensis.  
Hilgardia 27, 421-459 (1958)
- Day, B.E. : The absorption and translocation  
of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid  
by bean plants.  
Plant Physiol. 27, 143-152 (1952)
- v. Denffer, D. : Lehrbuch der Botanik für Hoch-  
schulen.  
S. 46, Gustav Fischer Verlag  
Stuttgart (1962)
- Dressel, J. : Möglichkeiten der Anwendung von  
Chlorcholinchlorid (CCC) bei  
verschiedenen Roggenzüchtungen.  
Diss. Gießen (1967)
- Eames, A.J. : Destruction of phloem in young  
bean plants after treatment with  
2,4-D.  
Am. J. Botany 37, 840-847 (1950)

- Eschrich, W. : Translokation  $^{14}\text{C}$ -markierter Assimilate im Licht und im Dunkeln bei Vicia faba. Planta (Berl.) 70, 90-124 (1966)
- Franke, W. : Ektodesmata and foliar absorption. Am. J. Botany 48, 683-691 (1961)
- Franke, W. : Über die Beziehungen der Ektodesmen zur Stoffaufnahme durch Blätter. Planta (Berl.) 61, 1-16 (1964)
- Franke, W. : mechanism of Foliar Penetration of Solutions. Ann. Rev. Plant Physiol. 18, 281 (1967)
- Golub, J. and R.H. Westmore : Studies of development in the vegetative shoot of Equisetum arvense L. I. The shoot apex. Am. J. Botany 35, 755-767 (1948)
- Greenham, C.G. : Studies on translocation of herbicides in skeleton weed (Chondrilla juncea L.). Australian J. agr. Res. 13, 624 (1962)
- Gustavson, F.G. : Absorption of  $^{60}\text{Co}$  by leaves of young plants and its translocation through the plant. Am. J. Botany 43, 157-160 (1956)
- Hay, J.R. and K.V. Thiman : The fate of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in bean seedlings. II. Translocation. Plant. Physiol. 31, 446 (1956)
- Harada, H. and A. Lang : Effect of some 2-(chloroethyl)-trimethylammonium chloride analogs and other growth retardants on gibberellin biosynthesis in Fusarium moniliforme. Plant Physiol. 40, 176-183 (1965)
- Jung, J. : Über die halmverkürzende Wirkung von Chlorcholinchlorid bei Weizen und deren Abhängigkeit von der Bodenart. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 107, 146-153 (1964)
- Jung, J. und M. El-Fouly : Über den Abbau von Chlorcholinchlorid (CCC) in der Pflanze. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 114, 128-134 (1966)
- Jung, J. und G. Henjes : Analytische Untersuchungen an Weizenproben aus CCC-Versuchen. Landw. Forschung 17, 267-270 (1964)

- Jyung, W.H. and  
S.H. Wittwer :  
Foliar absorption - an active uptake process.  
Am. J. Botany 51, 437-444 (1964)
- Kende, H.,  
H. Ninnemann and  
A. Lang :  
Inhibition of gibberellic acid biosynthesis in *Fusarium moliniforme* by AMO (1618) and CCC.  
Naturwissenschaften 50, 599-600 (1963)
- Köhler, D. :  
Die Wirkung von schwachem Rotlicht und Chlorcholinchlorid auf den Gibberellin Gehalt normaler Erbsensämlinge und die Ursache der unterschiedlichen Empfindlichkeit von Zwerg- und Normalerbsensämlingen gegen ihr eigenes Gibberellin.  
Planta (Berl.) 67, 44-54 (1965)
- Koch, K. :  
Halmstabilität und Lagerneigung des Getreides unter dem Einfluß von Chlorcholinchlorid (CCC).  
Diss. Gießen (1968)
- Kursanov, A.L. :  
Der Transport organischer Stoffe in den Pflanzen.  
Endeavour 20, 19-25 (1961)
- Kursanov, A.L. and  
M.N. Brovchenko :  
Effect of ATP on the uptake of assimilates by the conducting system of the sugar beet plant.  
Fiziol. Rastenij. 8, 270-278 (1961)
- Lambertz, P. :  
Untersuchungen über das Vorkommen von Plasmodesmen in den Epidermisaußenwänden.  
Planta (Berl.) 44, 147-190 (1954)
- Lawton, J.R.S. :  
Translocation in the phloem of *Dioscorea* spp. I. Distribution of radioactive photosynthates as shown by whole-plant autoradiography.  
Z. Pflanzenphysiol. 58, 1-7 (1967)
- Leonhard, O.A. and  
R.J. Weaver :  
Absorption and translocation of 2,4-D and Amitrole in shoots of the toky grape.  
Hilgardia 31, 327-368 (1961)
- Linser, H. und  
J. Bohring :  
Die Aufnahme von CCC durch verschiedene Getreidearten.  
Agrochimica XI, 396-404 (1967)
- Linser, H. und  
J. Bohring :  
Die Aufnahme und Verweildauer von CCC in Weizenpflanzen.  
Z. Acker- und Pflanzenbau 127, 287-302 (1968)

- Linser, H. und  
H. Kühn (unter der Mit-  
arbeit von J. Bohring) :  
Untersuchungen über die Wirkung  
von Chlorcholinchlorid (CCC)  
auf verschiedene Sommergetreide-  
arten und -sorten.  
Z. Acker- und Pflanzenbau 117,  
129-154 (1963)
- Linser, H.,  
H. Kühn und  
J. Bohring :  
Zur Frage der Halmverkürzung  
durch Chlorcholinchlorid (CCC)  
bei Hafer.  
Z. Acker- und Pflanzenbau 120,  
232-252 (1964)
- Linser, H.,  
H. Kühn,  
P.W. Kürten und  
W. Schuster :  
Feldversuche mit Chlorcholin-  
chlorid (CCC) bei Hafer.  
Z. Acker- und Pflanzenbau 124,  
261-268 (1966)
- Little, E.C.S. and  
G.E. Blackman :  
The movement of growth regula-  
tors in plants. III. Comparative  
studies of transport in *Phaseolus*  
*vulgaris*.  
New Phytologist 62, 173-197 (1963)
- Lüttge, U. :  
Aktiver Transport (Kurzstrecken-  
transport bei Pflanzen).  
Springer Verlag Wien-New York 1969
- Michniewicz, M. and  
K. Kurowska :  
The effect of boron on the  
translocation of the sodium salt  
of 2,4-D in the plant.  
Acta Agrobotany (Wassaw) 8, 5  
(1959)
- Mitchell, J.W. and  
J.W. Brown :  
Movement of 2,4-D stimulus and  
its relation to the transloca-  
tion of organic food and materials  
in plants.  
Bot. Gaz. 107, 393 (1946)
- Mitchell, J.W.,  
W.M. Dugger and  
H.G. Gaugh :  
Increased translocation of plant-  
growth modifying substances due  
to application of boron.  
Science 118, 354 (1953)
- Neumann, St. und  
F. Jacob :  
Aufnahme von Amino-iso-Butter-  
säure durch Blätter von *Vicia*  
*faba*.  
Naturwissenschaften 2, 89-90 (1968)
- Paleg, L.,  
H. Kende,  
H. Ninnemann,  
A. Lang :  
Physiological effects of gibbe-  
rellic acid. VIII. Growth retar-  
dants on Barley Endosperm.  
Plant Physiol. 40, 165-169 (1965)
- Roberts, E.A.  
M.D. Southwick and  
D.H. Palmiter :  
A microchemical examination of  
Mc Intosh apple leaves showing  
relationship of cell wall con-  
stituents to penetration of  
spray solutions.  
Plant Physiol. 23, 557-559 (1948)

- Rothenberger, R.R. : Studies of translocation, metabolism and environmental responses of ornamental plants to chemical growth retardants. Diss. Missouri 1964
- Sachs, R.M. and A. Lang : Effect of gibberellin on cell division in *Hyosoyamus*. Science 125, 1144-1145 (1957)
- Sachs, R.M. and A. Lang : Shoot histogenesis and the subapical meristem: The action of gibberellic acid, Amo-1618 and malic hydrazide. In: Plant growth regulation (4<sup>th</sup> international conference on plant growth regulation), 567-577, The Iowa State University Press, Ames, Iowa, U.S.A. (1961)
- Sachs, R.M., A. Lang, C.F. Bretz and J. Roach : Shoot histogenesis: Subapical meristematic activity in a caulescent plant and the action of gibberellic acid and AMO-1618. Am. J. Botany 47, 260-266 (1960)
- Sachs, R.M. and A.M. Kofranek : Comparative cytohistological studies on inhibition and promotion of stem growth in *Chrysanthemum morifolium*. Am. J. Botany 50, 772-779 (1963)
- Sargent, J.A. and G.E. Blackman : Studies in foliar penetration. I. Factors controlling the entry 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. J. exp. Bot. 13, 348-368 (1962)
- Schneider, E.F. : Conversion of the plant growth retardant 2-(chloroethyl)trimethylammonium chloride to choline in shoots of *Chrysanthemum* and Barley. Canad. J. Biochem. 45, 395-400 (1967)
- Schnee, M. : Die Wirkung von Chlorcholinchlorid (CCC) auf Wachstum und Ertrag von Hafer. Albrecht-Thaer-Archiv 2, 731-747 (1965)
- Sturm, H. und J. Jung : Der Einfluß von Blattspritzungen mit Chlorcholinchlorid (CCC) auf Wachstum und Ertrag von Winterweizen. Z. Acker- und Pflanzenbau 120, 232-252 (1964)

- Ulman, L. : Prispěvek K vyšetření UCINKU  
CCC u ozi měň zita a ovsa.  
Rostlinna výroba 13 (XL), 559-568  
(1967)
- Ullrich, W. : Zur Wirkung von Adenosintriphos-  
phat auf den Fluorescintransport  
in den Siebröhren.  
Planta (Berl.) 57, 713-717 (1962)
- Wanner, H. : Phosphataseverteilung und Kohlen-  
hydrattransport in der Pflanze.  
Planta (Berl.) 41, 190-194 (1952)
- Weaver, R.J. and  
H.R. de Rose : Absorption and translocation of  
2,4-dichlorophenoxyacetic acid.  
Bot. Gaz. 107, 509 (1946)
- Wittwer, S.H.,  
M.J. Bukovac,  
W.H. Jyung,  
Y. Yamada,  
H.P. de Rasmussen et coll. : Foliar absorption. Penetration  
of the cuticula membrane and  
nutrient uptake by isolated leaf  
cells.  
Qual. Plant. mat. veg. 14, 105  
(1967)
- Ziegler, H. : Untersuchungen über die Leitung  
und Sekretion der Assimilate.  
Planta (Berl.) 47, 447-500 (1956)
- Ziegler, H. : Der Ferntransport organischer  
Stoffe in den Pflanzen.  
Naturwissenschaften 50, 177-186  
(1963)
- Ziegler, H.,  
D. Köhler und  
B. Streitz : Ist 2-Chlor-9-Fluorenol-9-karbon-  
säure ein Gibberellinsäure Antago-  
nist.  
Z. für Pflanzenphys. 54, 118-124  
(1966)
- Ziegler, H. und  
G.H. Vieweg : Der experimentelle Nachweis ei-  
ner Massenströmung im Phloem  
von Herakleum Mantegazzianum  
Somm. et Lev.  
Planta (Berl.) 56, 402-408 (1961)

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. Linser, möchte ich an dieser Stelle für die freundliche Überlassung des Themas und das meiner Arbeit entgegengebrachte Interesse herzlich danken.

Mein Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. H. Kühn für die mir stets gewährte Hilfe.

Weiterhin bedanke ich mich bei allen Angehörigen des Institutes für Pflanzenernährung für die mir gewährte Unterstützung.

### Lebenslauf

- 19.7.1940 als einziges Kind des Volksschullehrers  
Karl Bettner und seiner Ehefrau Magdalene  
Elisabeth, geb. Kappes, in Schotten/Ober-  
hessen geboren.
- 1946-1951 Besuch der Volksschulen Bisses/Oberhessen  
und Frankfurt/Main-Fechenheim,
- 1951-1961 Besuch des Carl-Schurz-Realgymnasiums, der  
Tagesheimschule in Niedererlenbach und des  
Leibnizgymnasiums.
- 4.3.1961 Reifeprüfung.
- 1961-1962 landwirtschaftliche Lehre in den landwirt-  
schaftlichen Betrieben von Otto Mogk, Bis-  
ses/Oberhessen, und Franz Hohl, Niedererlen-  
bach.
- 21.3.1963 landwirtschaftliche Gehilfenprüfung.
- 1962-1966 Studium der Landwirtschaft an der Justus  
Liebig-Universität in Gießen.
- 1.11.1966 Diplomprüfung.
- Seit Dez. 1966 Doktorand am Institut für Pflanzen-  
ernährung der Justus Liebig-Universität.

A n h a n g :

Tabelle 3

Verteilung der absoluten Radioaktivität (Imp/Min/Organ) im Hauptstamm einer Weizenpflanze  
nach der Behandlung des Blattes B<sub>3</sub>.

| Organ                | 1. Ernte | 2. Ernte | 3. Ernte | 4. Ernte | 5. Ernte | 6. Ernte | 7. Ernte |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| AK                   |          |          |          |          |          | 245      | 713      |
| AR                   |          |          |          |          |          | 921      | 1528     |
| AS                   | 20       | 439      | 1092     | 1243     | 1228     | 1166     | 2241     |
| B <sub>1</sub>       | 578      | 2598     | 2436     | 2787     | 2330     | 1657     | 1894     |
| B <sub>2</sub>       | 952      | 3545     | 272      | 487      | 259      | 108      | Sp       |
| B <sub>3</sub>       | 96946    | 103759   | 93414    | 90331    | 92893    | 83432    | 84851    |
| B <sub>4</sub>       | Sp       | 100      | Sp       | Sp       | Sp       | 242      | 189      |
| B <sub>5</sub>       | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       |
| BS                   | 98476    | 110002   | 96122    | 93605    | 95482    | 85439    | 86934    |
| BS <sub>unbeh.</sub> | 1530     | 6243     | 2708     | 3274     | 2589     | 2007     | 2083     |
| I <sub>1</sub>       | -        | -        | 909      | 3636     | 6039     | 6057     | 8282     |
| I <sub>2</sub>       | 478      | 1572     | 2891     | 2895     | 3229     | 2655     | 2042     |
| I <sub>3</sub>       | 3244     | 3601     | 2401     | 2424     | 2357     | 1837     | 2780     |
| I <sub>4</sub>       | 5119     | 1641     | 1854     | 1950     | 2230     | 2535     | 2858     |
| I <sub>5</sub>       | 602      | 417      | 525      | 494      | 1158     | 2070     | 1519     |
| IS                   | 9443     | 7231     | 8580     | 11399    | 15013    | 15154    | 17481    |
| N <sub>1</sub>       | -        | 1268     | 4282     | 5984     | 6202     | 3460     | 1723     |
| N <sub>2</sub>       | 1791     | 3321     | 2146     | 2161     | 1684     | 558      | 785      |
| N <sub>3</sub>       | 2910     | 2284     | 760      | 955      | 897      | 664      | 1071     |
| N <sub>4</sub>       | 385      | 169      | Sp       | Sp       | 129      | 155      | 303      |
| NS                   | 5086     | 7042     | 7188     | 9100     | 8912     | 4837     | 3882     |
| HH                   | 113025   | 124714   | 112982   | 115347   | 120635   | 106596   | 110538   |
| HH-B <sub>3</sub>    | 16079    | 20955    | 19568    | 25016    | 27742    | 23164    | 25687    |

Imp/Min < 100 = Sp

Tabelle 4

Verteilung der absoluten Radioaktivität (Imp/Min/Organ) im Haupthalm einer Weizenpflanze  
nach der Behandlung des Blattes B<sub>2</sub>

| Organ                | 1. Ernte | 2. Ernte | 3. Ernte | 4. Ernte | 5. Ernte | 6. Ernte | 7. Ernte |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| AK                   |          |          |          |          |          | 595      | 1103     |
| AR                   |          |          |          |          |          | 2674     | 2374     |
| AS                   | 604      | 1422     | 4059     | 3158     | 2890     | 3269     | 3477     |
| B <sub>1</sub>       | 4815     | 12004    | 11855    | 7075     | 5743     | 4387     | 3514     |
| B <sub>2</sub>       | 90162    | 105722   | 84987    | 60417    | 71090    | 59737    | 64209    |
| B <sub>3</sub>       | 126      | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | 395      |
| B <sub>4</sub>       | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | 175      |
| B <sub>5</sub>       | 120      | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | 112      | Sp       |
| BS                   | 95223    | 117726   | 96842    | 67492    | 76833    | 64236    | 68293    |
| BS <sub>unbeh.</sub> | 5061     | 12004    | 11855    | 7075     | 5743     | 4499     | 4084     |
| I <sub>1</sub>       | -        | -        | 2379     | 5347     | 9206     | 9640     | 12212    |
| I <sub>2</sub>       | 3053     | 4053     | 5613     | 4544     | 6024     | 5804     | 5296     |
| I <sub>3</sub>       | 6578     | 9657     | 2912     | 3182     | 5016     | 5326     | 2223     |
| I <sub>4</sub>       | 785      | 320      | 193      | 345      | 900      | 934      | 681      |
| I <sub>5</sub>       | 296      | Sp       | 141      | 234      | 472      | 797      | 589      |
| IS                   | 10712    | 14030    | 11238    | 13652    | 21618    | 22501    | 21001    |
| N <sub>1</sub>       | -        | 2749     | 5473     | 7712     | 7422     | 4342     | 3064     |
| N <sub>2</sub>       | 3233     | 5625     | 6756     | 3801     | 3586     | 3391     | 1521     |
| N <sub>3</sub>       | 517      | 261      | Sp       | 168      | 225      | 184      | 169      |
| N <sub>4</sub>       | 128      | Sp       | Sp       | Sp       | 105      | 146      | 98       |
| NS                   | 3878     | 8635     | 12229    | 11691    | 11338    | 8063     | 4852     |
| HH                   | 110417   | 141813   | 124368   | 95983    | 112679   | 98069    | 97623    |
| HH-B <sub>2</sub>    | 20255    | 36091    | 39381    | 35566    | 41589    | 38332    | 33414    |

Tabelle 5

Erträge der einzelnen Organe eines Haupthalmes an Trockenmasse (in mg) nach  
Behandlung des Blattes B<sub>3</sub>.

| Organ          | 1. Ernte | 2. Ernte | 3. Ernte | 4. Ernte | 5. Ernte | 6. Ernte | 7. Ernte |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ÄK             |          |          |          |          |          | 643,7    | 1657,6   |
| ÄR             |          |          |          |          |          | 622,5    | 775,5    |
| ÄS             | 65,3     | 218,5    | 544,3    | 640,5    | 686,2    | 1266,2   | 2433,1   |
| B <sub>1</sub> | 482,0    | 574,8    | 591,2    | 536,0    | 582,4    | 491,7    | 446,8    |
| B <sub>2</sub> | 526,0    | 475,2    | 486,0    | 450,5    | 489,0    | 433,9    | 365,3    |
| B <sub>3</sub> | 243,7    | 272,8    | 245,6    | 244,5    | 271,6    | 229,5    | 201,8    |
| B <sub>4</sub> | 175,3    | 196,0    | 161,0    | 164,0    | 186,1    | 152,0    | 136,9    |
| B <sub>5</sub> | 96,0     | 96,8     | 81,3     | 68,8     | 116,6    | 134,5    | 67,5     |
| BS             | 1523,0   | 1615,6   | 1565,1   | 1463,8   | 1645,7   | 1441,6   | 1218,3   |
| I <sub>1</sub> | -        | -        | 83,8     | 345,0    | 536,8    | 622,5    | 422,1    |
| I <sub>2</sub> | 44,3     | 118,9    | 397,7    | 404,3    | 523,3    | 498,1    | 283,6    |
| I <sub>3</sub> | 358,9    | 424,7    | 548,2    | 518,0    | 610,7    | 586,8    | 346,6    |
| I <sub>4</sub> | 376,7    | 434,2    | 650,7    | 448,3    | 524,8    | 467,8    | 280,7    |
| I <sub>5</sub> | 153,2    | 245,2    | 273,3    | 216,7    | 283,2    | 262,4    | 126,6    |
| IS             | 933,1    | 1223,0   | 1953,7   | 1932,3   | 2478,8   | 2437,6   | 1459,6   |
| N <sub>1</sub> | -        | 22,8     | 32,5     | 36,1     | 47,0     | 56,1     | 52,6     |
| N <sub>2</sub> | 32,5     | 35,7     | 39,8     | 55,7     | 60,0     | 65,3     | 54,0     |
| N <sub>3</sub> | 35,3     | 42,3     | 52,0     | 57,3     | 62,5     | 62,6     | 54,5     |
| N <sub>4</sub> | 34,8     | 45,8     | 46,8     | 50,3     | 55,8     | 52,5     | 37,2     |
| NS             | 102,6    | 146,6    | 171,1    | 199,4    | 225,3    | 236,5    | 198,3    |
| HH             | 2624,0   | 3203,7   | 4234,2   | 4236,0   | 5036,0   | 5381,9   | 5309,3   |
| NT             | 1216,7   | 1066,0   | 950,0    | 1316,0   | 350,0    | 1533,1   | 2733,3   |
| Gesamt         | 3840,7   | 4269,7   | 5184,2   | 5552,0   | 5386,0   | 6915,0   | 8042,6   |

Erträge der einzelnen Organe eines Haupthalmes an Trockenmasse nach Behandlung des Blattes B<sub>2</sub>.

Tabelle 6

| Organ          | 1. Ernte | 2. Ernte | 3. Ernte | 4. Ernte | 5. Ernte | 6. Ernte | 7. Ernte |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ÄK             |          |          |          |          |          | 723,6    | 1531,8   |
| ÄR             |          |          |          |          |          | 711,1    | 702,3    |
| ÄS             | 78,5     | 197,2    | 677,7    | 649,8    | 731,7    | 1434,7   | 2234,1   |
| B <sub>1</sub> | 520,0    | 656,3    | 761,4    | 554,0    | 586,0    | 496,8    | 425,4    |
| B <sub>2</sub> | 514,3    | 570,3    | 417,4    | 470,1    | 465,4    | 381,1    | 333,9    |
| B <sub>3</sub> | 270,0    | 296,5    | 225,6    | 240,7    | 226,6    | 194,4    | 198,6    |
| B <sub>4</sub> | 193,0    | 184,7    | 158,2    | 176,7    | 133,4    | 114,2    | 111,6    |
| B <sub>5</sub> | 119,0    | 116,2    | 99,0     | 186,0    | 89,6     | 105,2    | 103,7    |
| BS             | 1616,3   | 1824,0   | 1661,6   | 1627,5   | 1501,0   | 1291,7   | 1173,2   |
| I <sub>1</sub> | -        | -        | 121,2    | 297,7    | 445,4    | 513,3    | 397,8    |
| I <sub>2</sub> | 47,0     | 128,7    | 312,5    | 423,1    | 456,0    | 449,9    | 268,0    |
| I <sub>3</sub> | 324,5    | 531,2    | 705,2    | 542,0    | 660,0    | 597,7    | 328,8    |
| I <sub>4</sub> | 456,5    | 470,3    | 585,2    | 447,7    | 499,8    | 453,3    | 249,5    |
| I <sub>5</sub> | 267,0    | 184,2    | 271,1    | 263,3    | 181,7    | 143,9    | 111,2    |
| IS             | 1095,0   | 1314,4   | 1995,2   | 1973,8   | 2242,9   | 2140,1   | 1355,3   |
| N <sub>1</sub> | -        | 26,7     | 24,0     | 40,5     | 42,0     | 53,9     | 48,5     |
| N <sub>2</sub> | 31,5     | 39,8     | 69,8     | 54,3     | 60,7     | 65,5     | 48,7     |
| N <sub>3</sub> | 35,2     | 44,5     | 43,8     | 55,7     | 60,5     | 57,9     | 42,1     |
| N <sub>4</sub> | 29,7     | 48,5     | 39,3     | 46,5     | 51,0     | 48,5     | 33,1     |
| NS             | 96,4     | 159,5    | 176,9    | 197,0    | 214,2    | 225,8    | 172,4    |
| HH             | 2886,2   | 3495,1   | 4511,4   | 4448,1   | 4689,8   | 5092,3   | 4935,0   |
| NT             | 1216,7   | 1600,0   | 931,7    | 1600,0   | 2100,0   | 2375,0   | 2850,0   |
| Gesamt         | 4102,9   | 5095,1   | 5443,1   | 6048,1   | 6789,8   | 7467,3   | 7785,0   |

Tabelle 7

Radioaktivität (Imp/Min/100 mg TS) in den einzelnen Organen des Haupthalmes  
einer Weizenpflanze nach der Behandlung des Blattes B<sub>3</sub>.

| Organ          | 1. Ernte<br>1 | 2. Ernte<br>4 | 3. Ernte<br>11 | 4. Ernte<br>15 | 5. Ernte<br>19 | 6. Ernte<br>31 | 7. Ernte<br>64 |
|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| ÄK             |               |               |                |                |                | 38             | 43             |
| ÄK             |               |               |                |                |                | 148            | 197            |
| ÄS             | 31            | 201           | 206            | 194            | 179            | 92             | 92             |
| B <sub>1</sub> | 120           | 452           | 412            | 520            | 400            | 337            | 406            |
| B <sub>2</sub> | 181           | 746           | 56             | 108            | 53             | 25             | 22             |
| B <sub>3</sub> | 39781         | 38035         | 38035          | 36945          | 34202          | 36354          | 42047          |
| B <sub>4</sub> | Sp            | Sp            | Sp             | Sp             | Sp             | 159            | 138            |
| B <sub>5</sub> | Sp            | Sp            | Sp             | Sp             | Sp             | Sp             | Sp             |
| S              |               |               |                |                |                |                |                |
| I <sub>1</sub> | -             | -             | 1085           | 1054           | 1125           | 973            | 1962           |
| I <sub>2</sub> | 1080          | 1322          | 727            | 716            | 617            | 533            | 720            |
| I <sub>3</sub> | 904           | 848           | 438            | 468            | 386            | 313            | 802            |
| I <sub>4</sub> | 1359          | 378           | 285            | 435            | 425            | 542            | 1018           |
| I <sub>5</sub> | 393           | 170           | 192            | 228            | 409            | 789            | 120            |
| IS             |               |               |                |                |                |                |                |
| N <sub>1</sub> | -             | 5561          | 13174          | 16576          | 13196          | 6168           | 3275           |
| N <sub>2</sub> | 5510          | 9303          | 5392           | 3879           | 2806           | 854            | 1492           |
| N <sub>3</sub> | 8245          | 5399          | 1462           | 1666           | 1435           | 1060           | 1965           |
| N <sub>4</sub> | 1105          | 370           | 143            | 152            | 232            | 295            | 815            |

Imp/Min  $\times$  100 = Sp

Tabelle 8

Radioaktivität (Imp/Min/100 mq TS) in den einzelnen Organen des Haupthalmes einer Weizenpflanze  
nach der Behandlung des Blattes B<sub>2</sub>.

| Organ          | 1. Ernte | 2. Ernte | 3. Ernte | 4. Ernte | 5. Ernte | 6. Ernte | 7. Ernte |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ÄK             |          |          |          |          |          | 82       | 72       |
| ÄR             |          |          |          |          |          | 376      | 338      |
| ÄS             | 770      | 716      | 599      | 486      | 395      | 228      | 156      |
| B <sub>1</sub> | 926      | 1829     | 1557     | 1277     | 980      | 883      | 826      |
| B <sub>2</sub> | 17531    | 18538    | 20366    | 12852    | 15275    | 15675    | 19230    |
| B <sub>3</sub> | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | 199      |
| B <sub>4</sub> | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | 157      |
| B <sub>5</sub> | 101      | Sp       | Sp       | Sp       | Sp       | 106      | Sp       |
| I <sub>1</sub> | -        | -        | 1963     | 1796     | 2067     | 1878     | 3070     |
| I <sub>2</sub> | 6495     | 3149     | 1796     | 1074     | 1321     | 1290     | 1979     |
| I <sub>3</sub> | 2027     | 1818     | 413      | 587      | 760      | 905      | 676      |
| I <sub>4</sub> | 172      | Sp       | Sp       | Sp       | 180      | 206      | 273      |
| I <sub>5</sub> | 111      | Sp       | Sp       | Sp       | 260      | 554      | 530      |
| N <sub>1</sub> | -        | 10296    | 22806    | 19042    | 17671    | 8055     | 6317     |
| N <sub>2</sub> | 10262    | 14134    | 9679     | 7000     | 5907     | 5177     | 3124     |
| N <sub>3</sub> | 1470     | 586      | 190      | 301      | 372      | 318      | 401      |
| N <sub>4</sub> | 432      | Sp       | Sp       | Sp       | 205      | 301      | 296      |

Imp/Min  $\angle$  100 = Sp

Tabelle 11

Prozentuale Verteilung der Radioaktivität auf die einzelnen Teile der Hafer-  
pflanze (Gesamtradioaktivität Imp/Min/Pflanze = 100)

| Ernte | B <sub>4</sub> | SB-B <sub>4</sub> | IS   | NS  | R    | HH-B <sub>4</sub> | NT  | Sproß | Wurzel | GA-B <sub>4</sub> |
|-------|----------------|-------------------|------|-----|------|-------------------|-----|-------|--------|-------------------|
| 1.    | 86,0           | 7,5               | 0,5  | 3,4 | 0,6  | 12,0              | 0,1 | 12,1  | 1,9    | 14,0              |
| 2.    | 71,8           | 17,1              | 2,8  | 1,6 | 2,9  | 24,4              | 0,5 | 24,9  | 3,3    | 28,2              |
| 3.    | 75,5           | 10,2              | 2,4  | 0,7 | 4,1  | 17,4              | 0,6 | 18,0  | 6,4    | 24,4              |
| 4.    | 59,9           | 16,0              | 4,3  | 0,8 | 9,9  | 31,0              | 1,8 | 32,8  | 7,4    | 40,2              |
| 5.    | 60,2           | 8,0               | 6,2  | 1,6 | 13,5 | 29,3              | 2,1 | 31,4  | 8,5    | 39,8              |
| 6.    | 79,9           | 1,1               | 5,3  | 0,6 | 8,4  | 15,4              | 1,5 | 16,9  | 3,3    | 20,2              |
| 7.    | 60,8           | 2,5               | 10,4 | 0,7 | 15,6 | 29,2              | 3,5 | 32,7  | 6,4    | 39,1              |
| 8.    | 62,0           | 2,1               | 9,1  | 0,5 | 15,6 | 27,3              | 3,8 | 31,1  | 7,0    | 38,1              |
| 9.    | 65,2           | 1,1               | 7,7  | 0,3 | 14,6 | 23,7              | 3,9 | 27,6  | 7,2    | 34,8              |
| 10.   | 68,0           | 0,9               | 4,9  | 0,1 | 14,7 | 20,6              | 5,7 | 26,3  | 5,8    | 32,1              |
| 11.   | 70,5           | 0,9               | 4,2  | Sp  | 12,6 | 17,7              | 5,6 | 23,3  | 6,3    | 29,6              |
| 12.   | 59,0           | 1,0               | 4,6  | Sp  | 23,7 | 29,3              | 5,4 | 34,7  | 6,2    | 40,9              |
| 13.   | 61,8           | 0,7               | 4,0  | Sp  | 20,2 | 24,9              | 6,1 | 31,0  | 7,3    | 38,3              |
| 14.   | 65,2           | 1,5               | 4,9  | Sp  | 17,6 | 24,0              | 5,1 | 29,1  | 5,8    | 34,9              |
| 15.   | 59,4           | 1,4               | 4,3  | Sp  | 25,1 | 30,9              | 4,7 | 35,6  | 5,1    | 40,6              |
| 16.   | 62,7           | 1,5               | 3,7  | Sp  | 22,0 | 27,2              | 6,7 | 33,9  | 3,6    | 37,5              |

Imp/Min 100 = Sp

Tabelle 12

Verteilung der Aktivität (Imp/Min/Organ) in den einzelnen Teilen des Haupt-  
halmes einer Haferpflanze im Verlaufe der Vegetationsperiode.

| Ernte | BS     | B <sub>4</sub> | BS-B <sub>4</sub> | IS    | NS   | R     | HH-B <sub>4</sub> | NT   | Sproß | Wurzel | GA-B <sub>4</sub> |
|-------|--------|----------------|-------------------|-------|------|-------|-------------------|------|-------|--------|-------------------|
| 1.    | 94433  | 86884          | 7549              | 526   | 3416 | 571   | 12062             | 138  | 12200 | 1880   | 14080             |
| 2.    | 131122 | 105840         | 25282             | 4200  | 2396 | 4110  | 35988             | 680  | 36668 | 4876   | 41544             |
| 3.    | 98728  | 86994          | 11734             | 2812  | 763  | 4775  | 20084             | 708  | 20792 | 7363   | 28155             |
| 4.    | 85739  | 67678          | 18061             | 4884  | 878  | 11248 | 35071             | 1980 | 37051 | 8333   | 45384             |
| 5.    | 72266  | 63802          | 8464              | 6584  | 1717 | 14274 | 31039             | 2187 | 33226 | 9031   | 42257             |
| 6.    | 91790  | 90559          | 1231              | 6012  | 678  | 9494  | 17415             | 1733 | 19148 | 3750   | 22898             |
| 7.    | 74460  | 71493          | 2967              | 12174 | 858  | 18275 | 34274             | 4118 | 38392 | 7565   | 45957             |
| 8.    | 67839  | 65595          | 2244              | 9609  | 503  | 16520 | 28876             | 4065 | 32741 | 7446   | 40187             |
| 9.    | 75206  | 73904          | 1302              | 8735  | 351  | 16555 | 26923             | 4478 | 31401 | 8121   | 39522             |
| 10.   | 82053  | 81033          | 1020              | 5844  | 174  | 17489 | 24527             | 6799 | 31326 | 6858   | 38184             |
| 11.   | 90459  | 89328          | 1131              | 5293  | Sp   | 15949 | 22373             | 7045 | 29418 | 7959   | 37377             |
| 12.   | 71407  | 70169          | 1238              | 5462  | Sp   | 28237 | 34937             | 6429 | 42366 | 7400   | 48766             |
| 13.   | 69739  | 68995          | 744               | 4499  | Sp   | 22561 | 27804             | 6830 | 34634 | 8137   | 42771             |
| 14.   | 77648  | 75648          | 1699              | 5676  | Sp   | 20249 | 27624             | 5952 | 33576 | 6762   | 40338             |
| 15.   | 59884  | 58411          | 1416              | 4265  | Sp   | 24656 | 30337             | 4619 | 34956 | 5005   | 39961             |
| 16.   | 62951  | 61478          | 1473              | 3619  | Sp   | 21567 | 26659             | 6546 | 33205 | 3576   | 36781             |

Imp/Min < 100 = Sp

Tabelle 13

Erträge (in mg TS/Organ) der einzelnen Pflanzenteile von  
Hafer an Trockenmasse im Verlauf der Vegetationsperiode

| Ernte | B <sub>Summe</sub> | B <sub>Beh.</sub> | B <sub>Summe</sub> - B <sub>Beh.</sub> | I <sub>Summe</sub> | N <sub>Summe</sub> | R <sub>Summe</sub> | HB <sub>Summe</sub> | NT <sub>Summe</sub> | Spross  | Wurzel |
|-------|--------------------|-------------------|----------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------|--------|
| 1.    | 1058,3             | 230,0             | 768,3                                  | 95,1               | 55,7               | 8,3                | 1217,4              | 583,3               | 1800,7  | 172,2  |
| 2.    | 1353,0             | 306,8             | 1046,2                                 | 160,5              | 65,5               | 29,5               | 1608,5              | 666,7               | 2275,2  | 388,9  |
| 3.    | 1354,0             | 273,8             | 1080,2                                 | 178,2              | 65,2               | 85,8               | 1683,2              | 1166,7              | 2849,9  | 313,9  |
| 4.    | 1546,8             | 286,7             | 1260,1                                 | 251,9              | 74,6               | 204,8              | 2078,1              | 1650,0              | 3728,1  | 216,7  |
| 5.    | 1471,8             | 252,2             | 1219,6                                 | 352,9              | 116,8              | 443,3              | 2384,8              | 1686,7              | 4071,5  | 286,2  |
| 6.    | 1390,8             | 237,8             | 1143,0                                 | 505,5              | 114,1              | 662,5              | 2662,9              | 2150,0              | 4812,9  | 322,2  |
| 7.    | 1266,6             | 227,8             | 1038,8                                 | 636,0              | 123,1              | 836,0              | 2861,7              | 2610,0              | 5471,7  | 341,7  |
| 8.    | 1376,8             | 247,2             | 1129,6                                 | 766,1              | 130,0              | 1007,3             | 3280,2              | 3433,3              | 6713,5  | 283,3  |
| 9.    | 1334,5             | 268,4             | 1066,1                                 | 814,7              | 136,3              | 1092,7             | 3378,2              | 4591,7              | 7969,9  | 402,9  |
| 10.   | 1225,8             | 227,8             | 998,0                                  | 838,8              | 121,4              | 1317,9             | 3503,9              | 5333,3              | 8837,2  | 450,0  |
| 11.   | 1162,4             | 202,1             | 960,3                                  | 814,7              | 120,7              | 1634,1             | 3731,9              | 4775,0              | 8506,9  | 302,2  |
| 12.   | 1137,5             | 196,7             | 940,8                                  | 914,9              | 140,8              | 2640,5             | 4833,7              | 6330,0              | 11763,7 | 338,9  |
| 13.   | 1103,5             | 189,1             | 914,4                                  | 905,9              | 121,1              | 2963,9             | 5094,4              | 6350,0              | 11444,4 | 263,8  |
| 14.   | 897,9              | 177,1             | 720,8                                  | 745,4              | 95,7               | 2626,6             | 4365,6              | 5916,7              | 10282,3 | 247,2  |
| 15.   | 1001,8             | 168,4             | 833,4                                  | 830,4              | 121,0              | 3331,9             | 5285,1              | 7000,0              | 12285,1 | 219,5  |
| 16.   | 984,3              | 191,3             | 793,0                                  | 729,7              | 112,7              | 2982,9             | 4809,6              | 8850,0              | 13659,6 | 272,2  |

Imp/Min < 100 = Sp

Tabelle 14

Prozentuale Verteilung der Radioaktivität auf die einzelnen  
Teile des Haupthalms von Hafer (Gesamthauptalm ohne Appli-  
kationsblatt = 100)

| Ernte | S-HH  | Blätter | Internod. | Nodien | Rispe |
|-------|-------|---------|-----------|--------|-------|
| 1.    | 12062 | 62,6    | 4,4       | 28,3   | 4,7   |
| 2.    | 35988 | 70,3    | 11,7      | 6,7    | 11,4  |
| 3.    | 20084 | 58,4    | 14,0      | 3,8    | 23,8  |
| 4.    | 35071 | 51,5    | 13,9      | 2,5    | 32,1  |
| 5.    | 31039 | 27,3    | 21,2      | 5,5    | 46,0  |
| 6.    | 17415 | 7,1     | 34,5      | 3,9    | 54,5  |
| 7.    | 34274 | 8,7     | 35,5      | 2,5    | 53,4  |
| 8.    | 28876 | 7,8     | 33,3      | 1,7    | 57,2  |
| 9.    | 26932 | 4,8     | 32,4      | 1,3    | 61,5  |
| 10.   | 24572 | 4,1     | 23,9      | 0,7    | 71,2  |
| 11.   | 22373 | 5,1     | 23,7      | Sp     | 71,3  |
| 12.   | 34939 | 3,5     | 15,6      | Sp     | 80,8  |
| 13.   | 27804 | 2,7     | 16,2      | Sp     | 81,2  |
| 14.   | 27624 | 6,2     | 20,5      | Sp     | 73,3  |
| 15.   | 30337 | 4,7     | 14,1      | Sp     | 81,3  |
| 16.   | 26659 | 5,5     | 13,6      | Sp     | 80,9  |

Imp/Min    100 = Sp

Tabelle 15

Trockengewichte (in mg) der Blätter des Haupthalms von  
Hafer im Verlauf der Vegetationsperiode

| Ernte | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> | B <sub>3</sub> | B <sub>4</sub> | B <sub>5</sub> | B <sub>6</sub> | B <sub>Summe</sub> |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|
| 1.    | -              | 120,0          | 245,8          | 290,0          | 231,5          | 171,0          | 1058,3             |
| 2.    | 83,3           | 222,5          | 299,7          | 306,8          | 246,0          | 194,7          | 1353,0             |
| 3.    | 164,4          | 258,0          | 280,4          | 273,8          | 233,6          | 161,8          | 1372,0             |
| 4.    | 277,7          | 282,8          | 301,7          | 286,7          | 240,5          | 157,4          | 1546,8             |
| 5.    | 307,6          | 282,2          | 268,4          | 252,2          | 209,4          | 152,0          | 1471,8             |
| 6.    | 279,6          | 255,4          | 236,0          | 237,8          | 192,4          | 179,6          | 1380,8             |
| 7.    | 249,8          | 230,4          | 225,2          | 227,8          | 193,2          | 140,2          | 1266,6             |
| 8.    | 271,8          | 237,6          | 227,2          | 247,2          | 213,6          | 179,4          | 1376,8             |
| 9.    | 258,8          | 261,5          | 260,2          | 268,4          | 280,6          | 77,0           | 1406,5             |
| 10.   | 257,9          | 245,3          | 242,4          | 227,8          | 159,9          | 92,5           | 1225,8             |
| 11.   | 260,7          | 233,9          | 223,0          | 202,1          | 155,1          | 87,6           | 1162,4             |
| 12.   | 258,8          | 227,7          | 202,4          | 196,7          | 164,6          | 92,3           | 1142,5             |
| 13.   | 265,4          | 220,7          | 195,5          | 189,1          | 167,5          | 65,3           | 1103,5             |
| 14.   | 229,1          | 177,7          | 166,7          | 177,1          | 147,3          |                | 897,9              |
| 15.   | 223,2          | 186,4          | 176,2          | 188,4          | 227,6          |                | 1001,8             |
| 16.   | 237,0          | 190,2          | 181,5          | 191,3          | 184,3          |                | 984,3              |

Tabelle 16

Absolute Radioaktivität (Imp/Min/Organ) in den unbehandelten Blättern des Haupthalmes einer Haferpflanze im Verlaufe der Vegetationsperiode.

| Ernte | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> | B <sub>3</sub> | B <sub>5</sub> | B <sub>6</sub> | BS    |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| 1.    | -              | 2530           | 5019           | Sp             | 0              | 7549  |
| 2.    | 9299           | 767            | 15216          | 0              | Sp             | 25282 |
| 3.    | 7812           | 3800           | 122            | 0              | Sp             | 11734 |
| 4.    | 13235          | 4174           | 652            | Sp             | Sp             | 18061 |
| 5.    | 6970           | 1080           | Sp             | Sp             | 414            | 8464  |
| 6.    | 1085           | 146            | Sp             | Sp             | Sp             | 1231  |
| 7.    | 2216           | 751            | Sp             | Sp             | Sp             | 2967  |
| 8.    | 1487           | 368            | Sp             | Sp             | 389            | 2244  |
| 9.    | 916            | 272            | 114            | 0              | Sp             | 1302  |
| 10.   | 787            | 233            | Sp             | Sp             | Sp             | 1020  |
| 11.   | 553            | 337            | 128            | Sp             | 113            | 1131  |
| 12.   | 895            | 343            | Sp             | Sp             | Sp             | 1238  |
| 13.   | 514            | 230            | Sp             | Sp             | -              | 744   |
| 14.   | 884            | 316            | 257            | 242            | -              | 1699  |
| 15.   | 625            | 224            | 132            | 435            | -              | 1416  |
| 16.   | 851            | 260            | 111            | 251            | -              | 1473  |

Imp/Min < 100 = Sp

Tabelle 17

Relative Radioaktivität (Imp/Min/100 g TS) in den Blättern  
des Haupthalmes einer Haferpflanze im Verlauf  
der Vegetationsperiode

| Ernte | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> | B <sub>3</sub> | B <sub>4</sub> | B <sub>5</sub> | B <sub>6</sub> |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1.    | -              | 2109           | 2042           | 29960          | Sp             | 0              |
| 2.    | 11163          | 340            | 5077           | 34498          | 0              | Sp             |
| 3.    | 4752           | 1473           | Sp             | 31773          | Sp             | 0              |
| 4.    | 4766           | 1476           | 216            | 23606          | Sp             | Sp             |
| 5.    | 2266           | 383            | Sp             | 25298          | Sp             | 273            |
| 6.    | 388            | Sp             | Sp             | 38082          | Sp             | Sp             |
| 7.    | 887            | 326            | Sp             | 31384          | Sp             | Sp             |
| 8.    | 547            | 155            | Sp             | 26535          | 0              | 217            |
| 9.    | 354            | 104            | Sp             | 27535          | 0              | 0              |
| 10.   | 305            | Sp             | Sp             | 35572          | Sp             | Sp             |
| 11.   | 212            | 144            | Sp             | 44200          | Sp             | 129            |
| 12.   | 346            | 154            | Sp             | 35673          | Sp             | Sp             |
| 13.   | 194            | 104            | Sp             | 36486          | Sp             |                |
| 14.   | 386            | 178            | 154            | 42715          | 202            |                |
| 15.   | 280            | 120            | Sp             | 31025          | 182            |                |
| 16.   | 359            | 137            | Sp             | 32137          | 153            |                |

Imp/Min < 100 = Sp

Tabelle 18

Trockengewichte (in mg) der Nodien und der Ähre des Haupthalmes  
einer Haferpflanze im Verlauf der Vegetationsperiode

| Ernte | Nodien         |                |                |                |                    | Ähre   |       |        |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|--------|-------|--------|
|       | N <sub>1</sub> | N <sub>2</sub> | N <sub>3</sub> | N <sub>4</sub> | N <sub>Summe</sub> | Korn   | Rest  | Summe  |
| 1.    | -              | -              | 15,5           | 40,2           | 55,7               |        |       | 8,3    |
| 2.    | -              | 10,3           | 15,7           | 39,5           | 65,5               |        |       | 29,5   |
| 3.    | -              | 10,0           | 15,8           | 39,4           | 65,2               |        |       | 85,8   |
| 4.    | -              | 12,3           | 18,8           | 43,5           | 74,6               |        |       | 204,8  |
| 5.    | 13,7           | 22,7           | 26,7           | 53,7           | 116,8              |        |       | 443,3  |
| 6.    | 20,0           | 19,4           | 25,0           | 49,7           | 114,1              |        |       | 662,5  |
| 7.    | 23,8           | 25,8           | 26,5           | 47,0           | 123,1              |        |       | 836,0  |
| 8.    | 25,3           | 26,6           | 25,3           | 52,8           | 130,0              |        |       | 1007,3 |
| 9.    | 28,7           | 24,9           | 28,9           | 53,8           | 136,3              |        |       | 1092,7 |
| 10.   | 27,7           | 28,6           | 24,7           | 40,4           | 121,4              |        |       | 1317,9 |
| 11.   | 24,2           | 26,7           | 23,6           | 46,2           | 120,7              | 1312,7 | 321,4 | 1634,1 |
| 12.   | 27,6           | 30,5           | 26,5           | 56,2           | 140,8              | 2273,3 | 367,2 | 2640,5 |
| 13.   | 28,8           | 29,2           | 25,0           | 38,1           | 121,1              | 2611,3 | 352,6 | 2963,9 |
| 14.   | 20,9           | 22,7           | 19,5           | 32,6           | 95,7               | 2329,9 | 296,7 | 2626,6 |
| 15.   | 24,9           | 25,9           | 23,0           | 47,2           | 121,0              | 2923,4 | 408,5 | 3331,9 |
| 16.   | 22,5           | 24,6           | 21,4           | 44,2           | 112,7              | 2665,7 | 317,2 | 2982,9 |

Tabelle 19

Verteilung der absoluten Radioaktivität (Imp/Min/Organ) auf die einzelnen Nodien und die Rispe des Haupthalmes einer Haferpflanze.

| Ernte | Nodien         |                |                |                |      | Rispe |       | Summe |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|-------|-------|-------|
|       | N <sub>1</sub> | N <sub>2</sub> | N <sub>3</sub> | N <sub>4</sub> | NS   | Korn  | Rest  |       |
| 1.    | -              | -              | 1179           | 2237           | 3416 |       |       | 571   |
| 2.    | -              | 1046           | 639            | 711            | 2396 |       |       | 4110  |
| 3.    | -              | 571            | 192            | Sp             | 763  |       |       | 4775  |
| 4.    | -              | 638            | 115            | 125            | 878  |       |       | 11248 |
| 5.    | 1211           | 290            | Sp             | 216            | 1717 |       |       | 14274 |
| 6.    | 678            | Sp             | Sp             | Sp             | 678  |       |       | 9494  |
| 7.    | 858            | Sp             | Sp             | Sp             | 858  |       |       | 18275 |
| 8.    | 503            | Sp             | Sp             | Sp             | 503  |       |       | 16520 |
| 9.    | 331            | Sp             | Sp             | Sp             | 331  |       |       | 16555 |
| 10.   | 174            | Sp             | Sp             | Sp             | 174  |       |       | 17489 |
| 11.   | Sp             | Sp             | Sp             | Sp             | Sp   | 8936  | 7018  | 15954 |
| 12.   | Sp             | Sp             | Sp             | Sp             | Sp   | 16641 | 11596 | 28237 |
| 13.   | Sp             | Sp             | Sp             | Sp             | Sp   | 14023 | 8548  | 22571 |
| 14.   | Sp             | Sp             | Sp             | Sp             | Sp   | 13280 | 6969  | 20249 |
| 15.   | Sp             | Sp             | Sp             | Sp             | Sp   | 14880 | 9767  | 24647 |
| 16.   | Sp             | Sp             | Sp             | Sp             | Sp   | 13328 | 8239  | 21567 |

Imp/Min 100 = Sp

Tabelle 20

Relative Aktivität (Imp/Min/100 mg TS) der einzelnen  
Nodien und der Rispe des Haupthalmes einer Haferpflanze

| Ernte | Nodien |       |      |      | Rispe |      | Gesamt |
|-------|--------|-------|------|------|-------|------|--------|
|       | N1     | N2    | N3   | N4   | Korn  | Rest |        |
| 1.    | -      | -     | 7605 | 5565 |       |      | 6879   |
| 2.    | -      | 10152 | 4072 | 1801 |       |      | 13931  |
| 3.    | -      | 5711  | 1218 | 231  |       |      | 5565   |
| 4.    | -      | 5187  | 610  | 287  |       |      | 5492   |
| 5.    | 8841   | 1279  | 235  | 403  |       |      | 3220   |
| 6.    | 3388   | Sp    | Sp   | 114  |       |      | 1433   |
| 7.    | 3604   | 199   | Sp   | 124  |       |      | 2186   |
| 8.    | 1988   | Sp    | Sp   | 151  |       |      | 1640   |
| 9.    | 1154   | 270   | Sp   | 129  |       |      | 1515   |
| 10.   | 619    | 0     | Sp   | 155  |       |      | 1327   |
| 11.   | 301    | Sp    | 0    | 182  | 682   | 2184 | 976    |
| 12.   | 112    | Sp    | Sp   | 132  | 732   | 3158 | 1069   |
| 13.   | Sp     | Sp    | Sp   | Sp   | 537   | 2424 | 761    |
| 14.   | Sp     | Sp    | Sp   | 146  | 570   | 2349 | 771    |
| 15.   | Sp     | Sp    | Sp   | 173  | 509   | 2391 | 740    |
| 16.   | 161    | Sp    | Sp   | 220  | 500   | 2599 | 723    |

Imp/Min < 100 = Sp

Tabelle 21

Trockengewichte (in mg) der Internodien des Haupthalmes  
einer Haferpflanze

| Ernte | I <sub>1</sub> | I <sub>2</sub> | I <sub>3</sub> | I <sub>4</sub> | I <sub>5</sub> | Summe |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| 1.    | -              | -              | -              | -              | 95,1           | 95,1  |
| 2.    | -              | -              | -              | 24,8           | 135,7          | 160,5 |
| 3.    | -              | 6,4            | 12,6           | 41,8           | 117,4          | 178,2 |
| 4.    | -              | 13,0           | 40,0           | 57,5           | 141,4          | 251,9 |
| 5.    | 8,3            | 39,3           | 105,8          | 68,5           | 131,0          | 352,9 |
| 6.    | 63,2           | 133,3          | 91,4           | 72,5           | 145,1          | 505,5 |
| 7.    | 122,3          | 180,5          | 120,2          | 77,0           | 136,0          | 636,0 |
| 8.    | 186,8          | 224,1          | 139,0          | 83,2           | 133,0          | 766,1 |
| 9.    | 231,4          | 227,7          | 137,9          | 95,6           | 122,1          | 814,7 |
| 10.   | 237,9          | 251,0          | 152,1          | 75,9           | 121,9          | 838,8 |
| 11.   | 219,3          | 236,4          | 154,0          | 80,0           | 125,0          | 814,7 |
| 12.   | 273,2          | 272,1          | 152,8          | 76,6           | 140,4          | 915,1 |
| 13.   | 278,4          | 255,1          | 145,4          | 74,0           | 153,0          | 905,9 |
| 14.   | 228,5          | 219,2          | 123,6          | 63,3           | 110,8          | 745,4 |
| 15.   | 255,5          | 252,6          | 129,5          | 55,8           | 137,0          | 830,4 |
| 16.   | 226,0          | 226,7          | 121,2          | 53,7           | 102,1          | 729,7 |

Tabelle 22

Absolute Radioaktivität (Imp/min/Organ) in den Internodien  
des Haupthalmes einer Haferpflanze

| Ernte | I <sub>1</sub> | I <sub>2</sub> | I <sub>3</sub> | I <sub>4</sub> | I <sub>5</sub> | IS    |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| 1.    | -              | -              | -              | -              | 526            | 526   |
| 2.    | -              | -              | -              | 2806           | 1394           | 4200  |
| 3.    | -              | 507            | 1465           | 721            | 119            | 2812  |
| 4.    | -              | 1320           | 2805           | 599            | 160            | 4884  |
| 5.    | 1336           | 3573           | 1563           | 112            | Sp             | 6584  |
| 6.    | 4178           | 1685           | 149            | Sp             | Sp             | 6012  |
| 7.    | 9110           | 2904           | 160            | Sp             | Sp             | 12174 |
| 8.    | 8550           | 876            | Sp             | Sp             | 174            | 9600  |
| 9.    | 8372           | 239            | 124            | Sp             | Sp             | 8735  |
| 10.   | 5536           | Sp             | Sp             | Sp             | 308            | 5844  |
| 11.   | 4746           | 175            | 123            | Sp             | 249            | 5293  |
| 12.   | 4595           | 297            | 191            | 138            | 241            | 5462  |
| 13.   | 3343           | 225            | 244            | 139            | 548            | 4499  |
| 14.   | 4732           | 535            | 194            | Sp             | 215            | 5676  |
| 15.   | 3517           | 293            | 245            | Sp             | 210            | 4265  |
| 16.   | 2929           | 190            | 172            | 112            | 216            | 3619  |

Imp/Min < 100 = Sp

Tabelle 23

Relative Radioaktivität (Imp/Min/100 g TS) in den Inter-  
nodien des Haupthalmes einer Haferpflanze im Verlauf der  
Vegetationsperiode

| Ernte | I <sub>1</sub> | I <sub>2</sub> | I <sub>3</sub> | I <sub>4</sub> | I <sub>5</sub> |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1.    | -              | -              | -              | -              | 553            |
| 2.    | -              | -              | -              | 11314          | 1027           |
| 3.    | -              | 7915           | 11625          | 1726           | 101            |
| 4.    | -              | 10152          | 7012           | 1042           | 113            |
| 5.    | 16100          | 9092           | 1477           | 164            | Sp             |
| 6.    | 6611           | 1264           | 163            | Sp             | Sp             |
| 7.    | 7449           | 1609           | 133            | Sp             | Sp             |
| 8.    | 4582           | 391            | Sp             | Sp             | 133            |
| 9.    | 3618           | 105            | Sp             | Sp             | Sp             |
| 10.   | 2327           | Sp             | Sp             | Sp             | 253            |
| 11.   | 2164           | Sp             | Sp             | 109            | 199            |
| 12.   | 1681           | 109            | 126            | 173            | 172            |
| 13.   | 1201           | Sp             | 168            | 182            | 358            |
| 14.   | 2071           | 244            | 157            | 139            | 194            |
| 15.   | 1376           | 116            | 189            | 141            | 153            |
| 16.   | 1296           | Sp             | 142            | 151            | 212            |

Imp/Min < 100 = Sp

Absolute Radioaktivität (Imp/Min/Organ) in der CCC-, der Cholin- und der As-Fraktion einzelner Organe von Weizenpflanzen.

| Organ             | Winterweizen |        |         |        | Sommerweizen |        |        |        |
|-------------------|--------------|--------|---------|--------|--------------|--------|--------|--------|
|                   | Aufnahmezeit |        |         |        |              |        |        |        |
|                   | 3 Std.       | 6 Std. | 24 Std. | 8 Tage | 1 Tag        | 3 Tage | 9 Tage |        |
| Ähre              | -            | -      | -       | 481    | -            | -      | -      | 306    |
| obere Bl.         | 236          | 634    | 1954    | 2668   | 2075         | 5097   |        | 4038   |
| beh. Blatt        | 81201        | 82197  | 72274   | 61885  | 89192        | 89340  |        | 94583  |
| untere Bl.        | 83           | 181    | 131     | 101    | 98           | 133    |        | 155    |
| Stengel u. Knoten | 2763         | 5185   | 8772    | 8025   | 2307         | 680    |        | 1626   |
| $\Sigma$ CCC      | 84283        | 88197  | 83131   | 73160  | 93672        | 95250  |        | 100708 |
| Ähre              | -            | -      | -       | 40     | -            | -      |        | 250    |
| obere Bl.         | 34           | 108    | 66      | 77     | 773          | 608    |        | 274    |
| beh. Blatt        | 966          | 831    | 704     | 869    | 6228         | 7113   |        | 4455   |
| untere Bl.        | 71           | 109    | 28      | 47     | 37           | 58     |        | 45     |
| Stengel u. Knoten | 153          | 123    | 92      | 463    | 353          | 115    |        | 246    |
| $\Sigma$ Cholin   | 1224         | 1171   | 890     | 1496   | 7391         | 7894   |        | 5270   |
| Ähre              | -            | -      | -       | 0      | -            | -      |        | 0      |
| obere Bl.         | 51           | 0      | 0       | 6      | 121          | 236    |        | 220    |
| beh. Blatt        | 206          | 84     | 333     | 251    | 2221         | 1630   |        | 1091   |
| untere Bl.        | 11           | 0      | 0       | 0      | 66           | 0      |        | 0      |
| Stengel u. Knoten | 0            | 0      | 8       | 39     | 38           | 0      |        | 0      |
| $\Sigma$ As-Fr.   | 268          | 84     | 341     | 296    | 2446         | 1866   |        | 1311   |

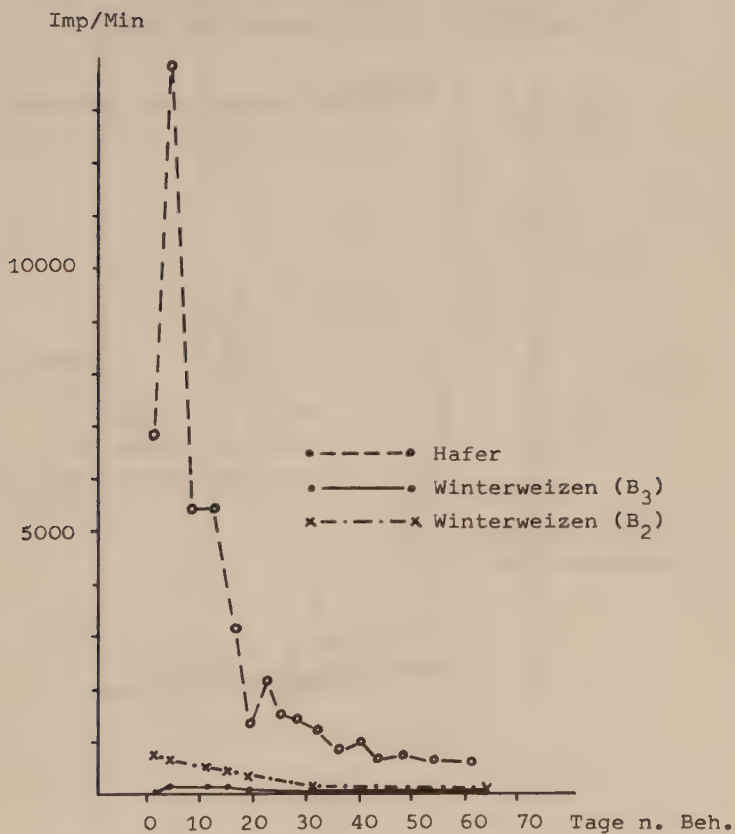
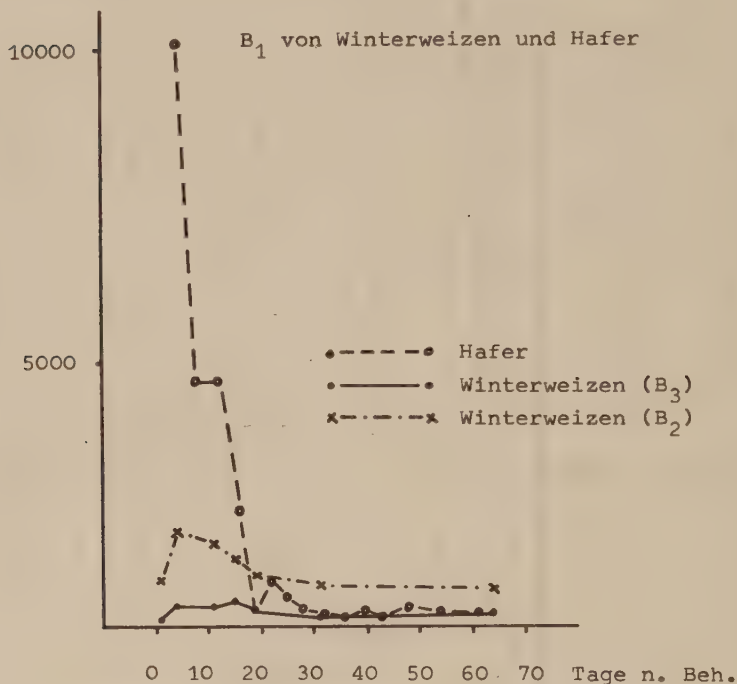


Diagramm 1

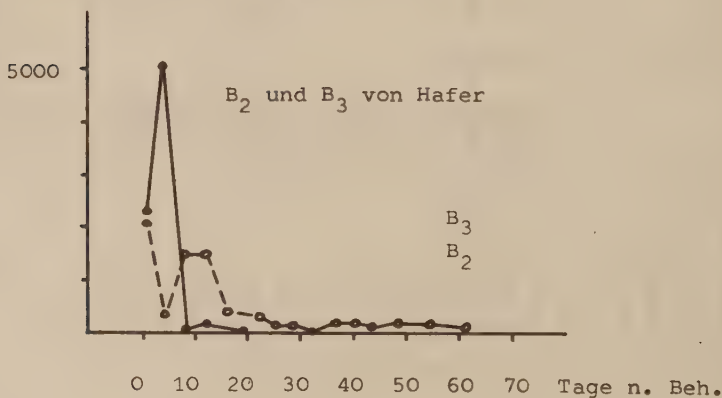
Relative Radioaktivität (Imp/Min/100mg TS)  
 der Ähre bzw. der Rispe des Haupthalmes von  
 Winterweizen und Hafer

Diagramm 2:

Relative Radioaktivität  
(Imp/Min/100mg TS) der Blätter  
( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ ) des Haupthalmes von  
Winterweizen und Hafer



Imp/Min



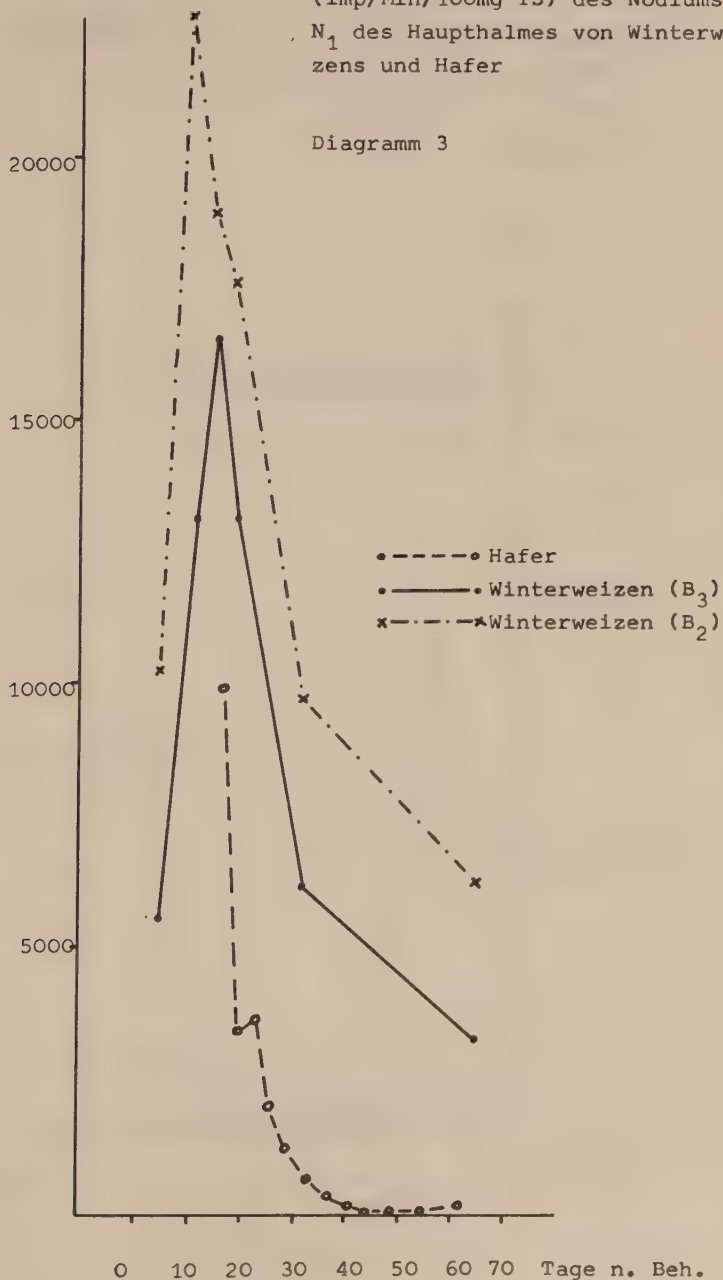
Imp/Min

Relative Radioaktivität

(Imp/Min/100mg TS) des Nodiums

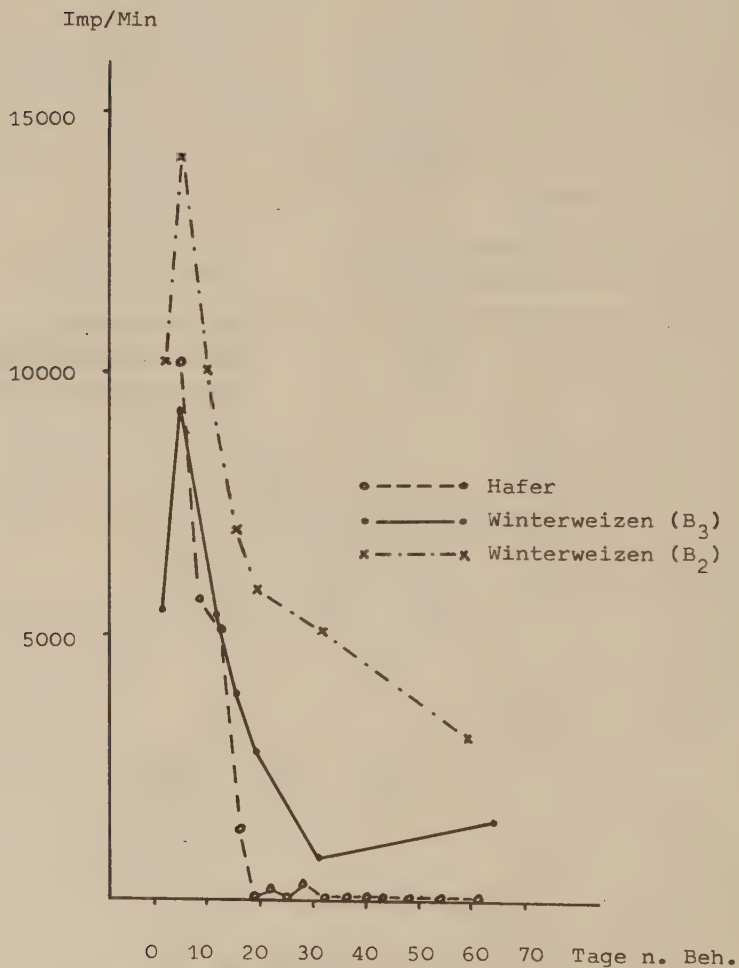
$N_1$  des Haupthalmes von Winterweizen und Hafer

Diagramm 3



Relative Radioaktivität (Imp/Min/100mg TS) des  
Nodiums  $N_2$  des Haupthalmes von Winterweizen und  
Hafer

Diagramm 4



Relative Radioaktivität (Imp/min/100mg TS) der Nodien ( $N_3$ ,  $N_4$ )  
des Haupthalmes von Winterweizen und Hafer

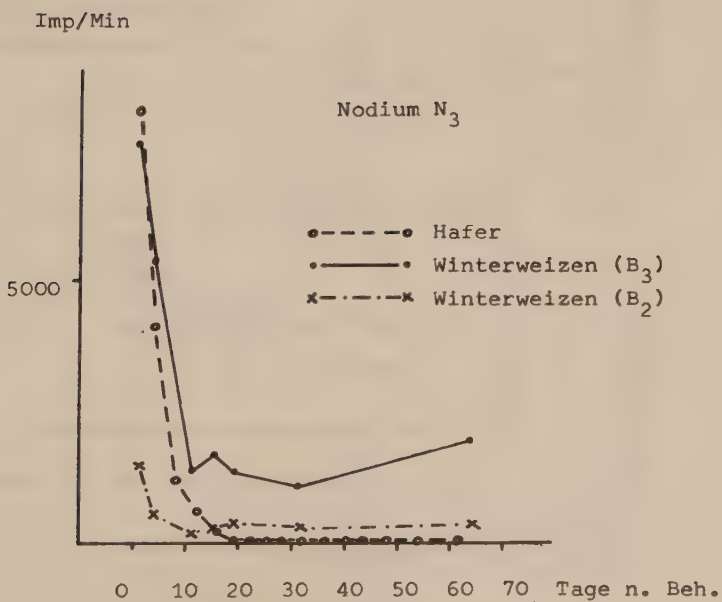
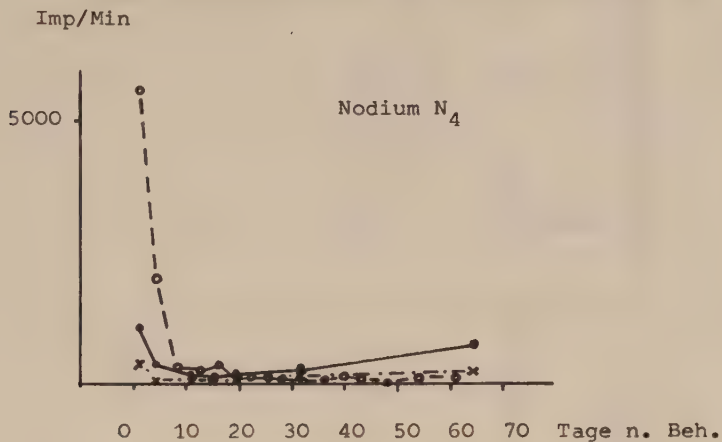


Diagramm 5

Relative Radioaktivität (Imp/Min/100mg TS) des Internodiums  
 $I_1$  des Haupthalmes von Winterweizen und Hafer

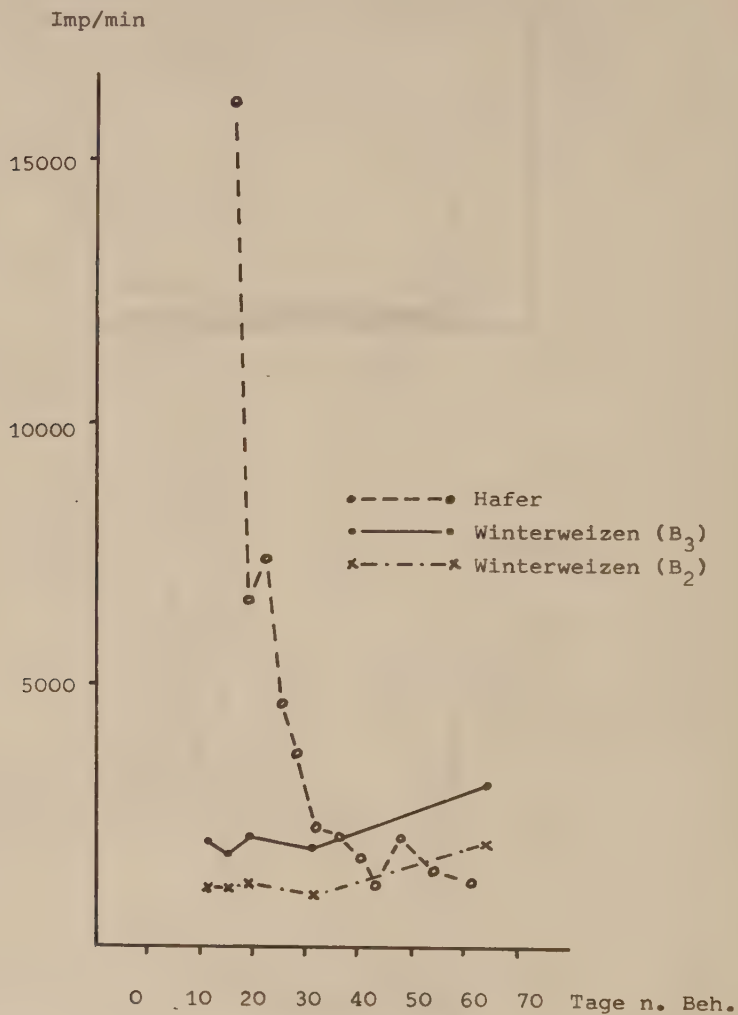
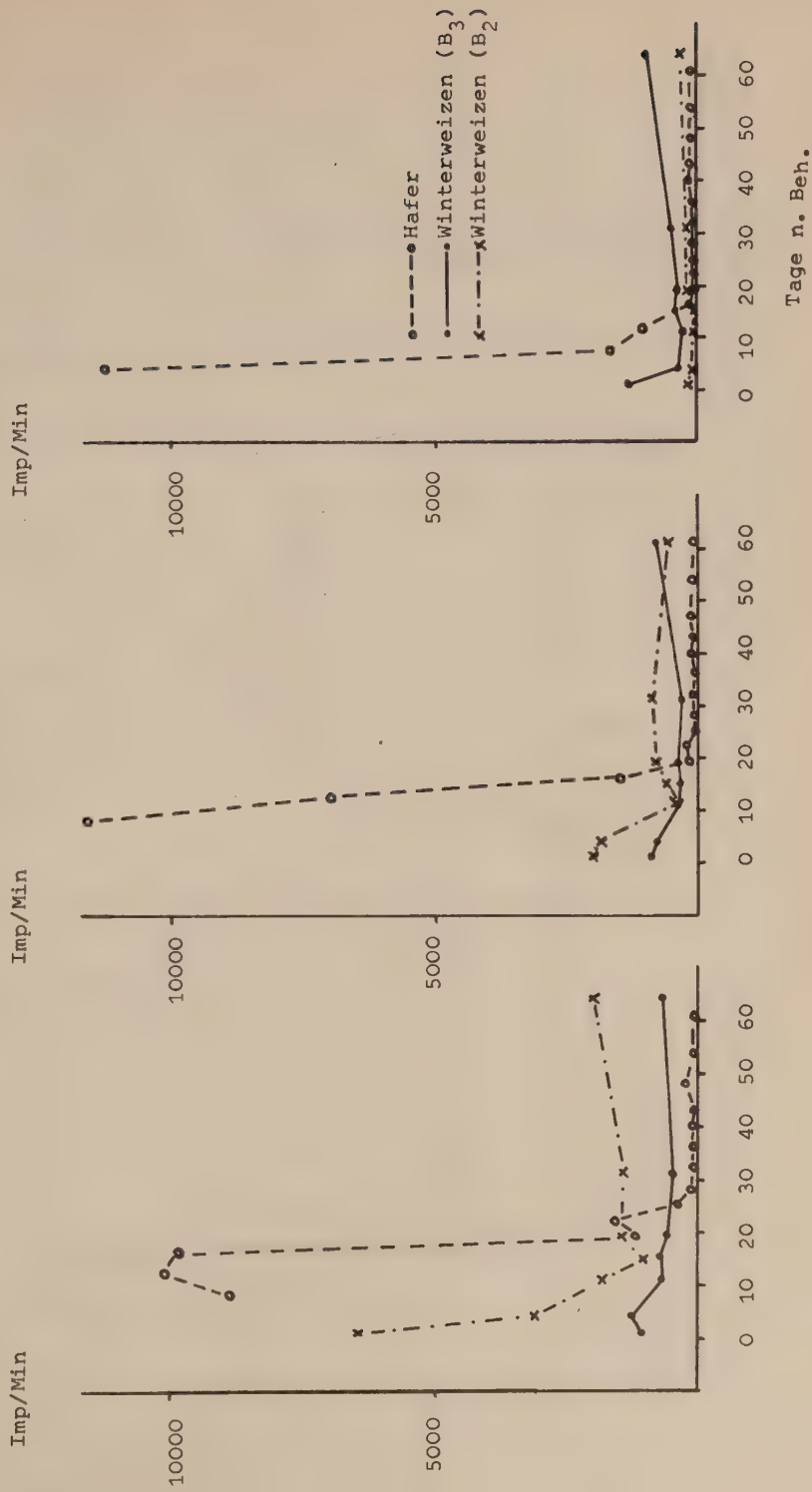


Diagramm 6

Relative Radioaktivität (Imp/Min/100mg TS) der Internodien I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> und I<sub>4</sub> des  
Haupthalmes von Winterweizen und Hafer

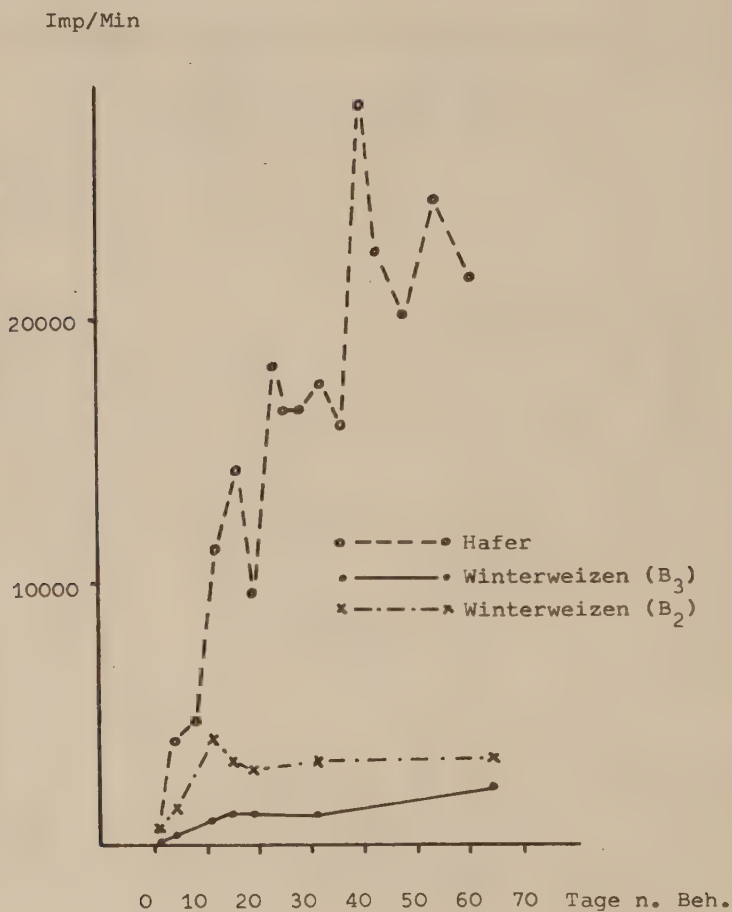
Diagramm 7



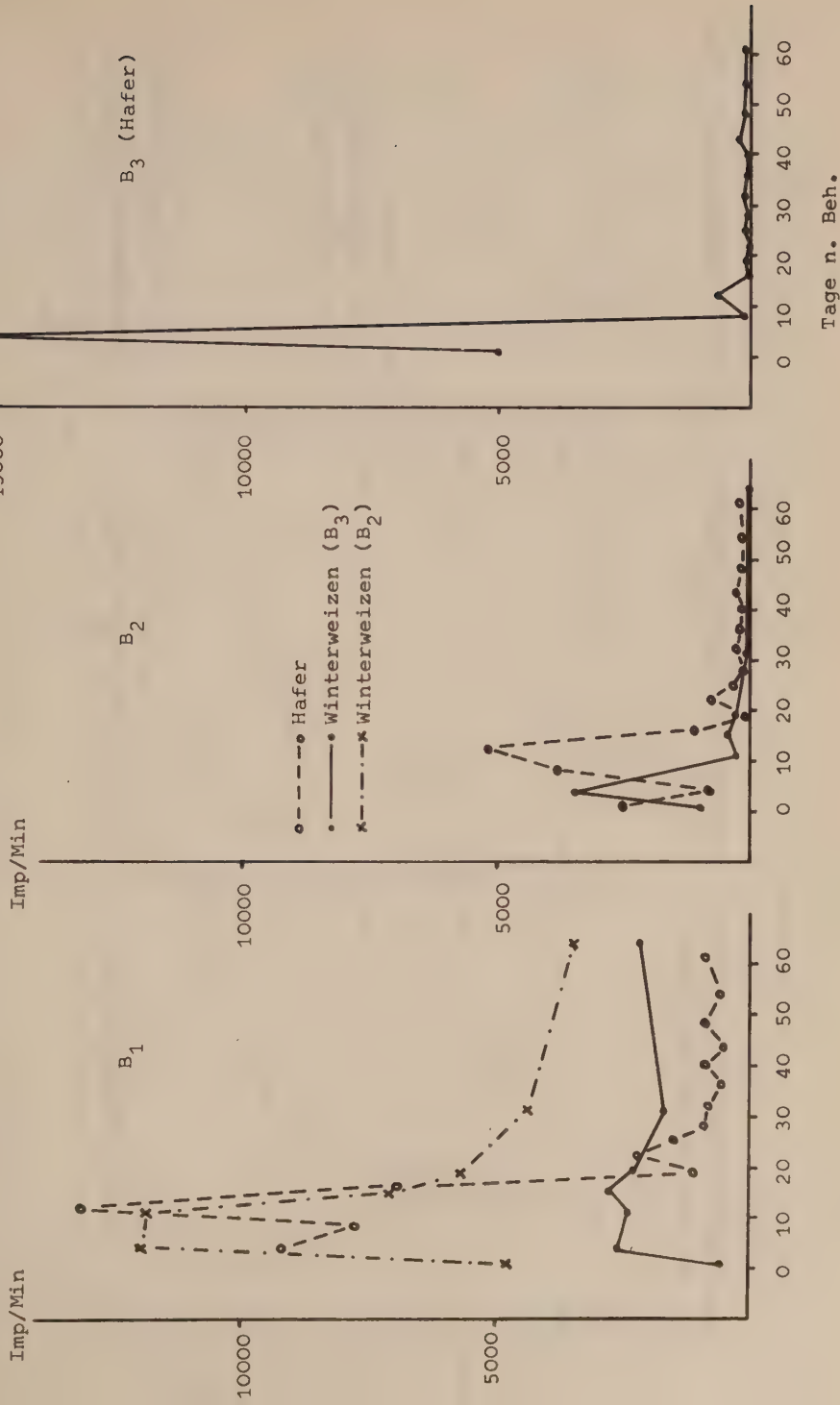
Tage n. Beh.

Absolute Radioaktivität (Imp/Min/Organ) der Ähre bzw.  
der Rispe von Winterweizen und Hafer

Diagramm 8



Absolute Radioaktivität (Imp/Min/Organ) der Blätter des Haupt-  
halmes von Winterweizen und Hafer (Diagramm 9)





Absolute Radioaktivität (Imp/Min/Organ) der Internodien  $I_1$ ,  $I_2$  und  $I_3$  des Haupthalmes von Winterweizen und Hafer

Diagramm 11

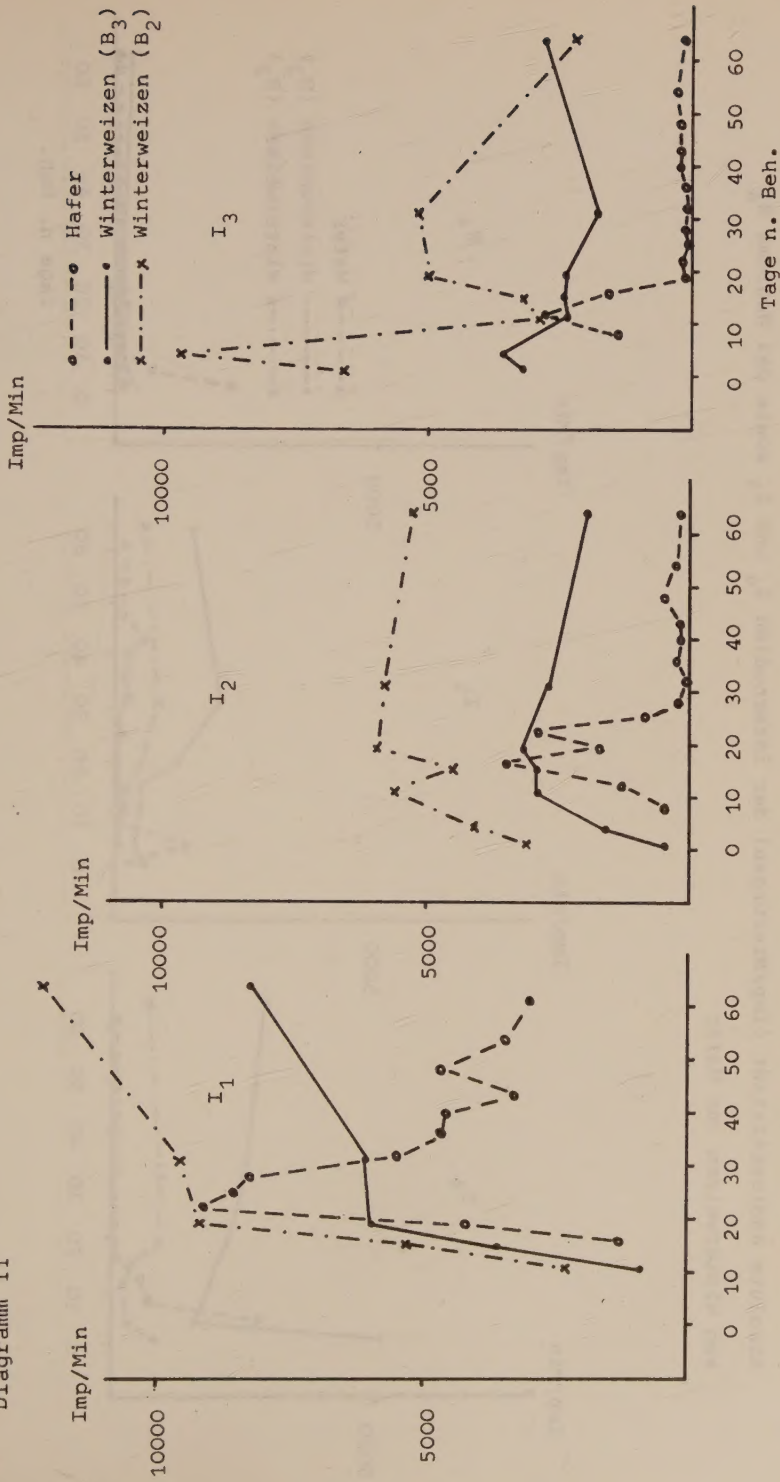


Diagramm 12

Absolute Radioaktivität (Imp/Min/Organ) der Internodien I<sub>4</sub> und I<sub>5</sub> sowie des Nodiums N<sub>4</sub> von Winterweizen und Hafer

